



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

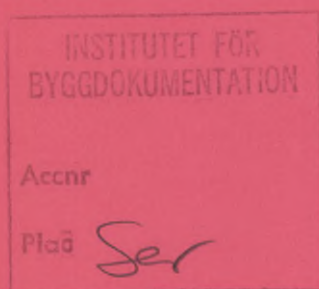
**R27:1989**

REF/  
Std

# **Kostnads kalkylering med LCC-modell**

**Tillämpning för byggprocessens  
olika skeden**

**Thomas Westin**



**Byggforskningsrådet**

R27:89

KOSTNADSKALKYLERING MED LCC-MODELL

Tillämpning för byggprocessens olika skeden

Thomas Westin

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
850429-4 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Institutionen för byggnadsekonomi och byggnads-  
organisation, KTH, Stockholm.

## REFERAT

Syftet med studien är att visa hur man med en matrisbaserad kalkylerings- och redovisningsmetodik kan strukturera och beräkna livscykelkostnaderna (LCC) för en byggnad. Syftet är vidare att, empiriskt med en fallstudie, exemplifiera den framlagda beräkningsmetodiken och visa hur den kan användas parallellt i både projekterings- och förvaltningsskedet, samt med hjälp av känslighets- och simuleringsanalyser, åskådliggöra vilken betydelse som störningar i indata och modellparametrar har på kostnadsutfallet.

Kalkylmodellen skall därvid vara användbar både för projektören vid byggnadens tekniska utformning och för förvaltaren som ett kalkylunderlag för underhålls- och driftbudgetering samt för erfarenhetsåterföring till nybyggandet. Kostnaderna under förvaltningen baseras därvid direkt på de för byggnaden framtagna livscykelkostnaderna. I kalkylmodellen grupperas och beräknas bostadsfastighetens totala livscykelkostnader i riktning mot ett förvaltningsinriktat byggande genom att såväl produktionskostnader som kostnader för drift och underhåll, för bostadsfastighetens samtliga komponenter, struktureras enligt BSAB-systemet och i ett skedesperspektiv.

Kostnadsanalysen visar att en bristfällig kostnadskalkylering, t ex en felaktigt utförd mängdavgivning eller val av komponenter med höga årskostnader, har större betydelse för kostnadsutfallet under förvaltningsskedet än vad störningar av brukstid, livslängder och underhållsintervall har. Det visar sig också att årskostnaderna och LCC-matriserna är mer känsliga för störningar än vad de årliga kapitalkostnaderna och hyresintäkterna är. Resultaten ger således belägg för att styrningen av kostnaderna och påverkan på byggnadens utformning bör ske i projekterings-skedet.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, obekvat papper.

R27:1989

ISBN 91-540-5016-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1989



## Sid

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1

## FÖRORD

4

## FIGURFÖRTECKNING

6

## TABELLFÖRTECKNING

9

## SAMMANFATTNING

10

## DISPOSITION

18

## I INLEDNING

## 1 PROBLEMBAKGRUND

## 1.1 Miljonprogrammets effekter

20

## 1.2 Kostnadsutvecklingen

21

## 2 PROBLEMOMRÅDE

## 2.1 Kalkylerings- och redovisningsproblem

23

## 2.2 Syfte

25

## 2.3 Avgränsningar

26

## 3 KALKYLSYNSÄTT

## 3.1 Kalkylperspektiv

27

## 3.2 Kalkylkrav

29

II	KOSTNADSKALKYLERING	
4	KALKYLTEORETISK UTGÅNGSPUNKT	
4.1	Terminologi	33
4.2	Kalkylteorier	37
4.3	Investeringsbedömning	40
4.4	LCC-analys	43
5	KALKYLTEKNISK REFERENSRAM	
5.1	Kalkyldata	46
5.2	Kalkylmetoder	53
5.3	Kalkylsystem	55
III	LCC-MODELL	
6	METODOLOGISK UTGÅNGSPUNKT	
6.1	Klassifikationssystematik	62
6.2	Kalkylmodeller	67
7	MODELLUPPBYGGNAD	
7.1	Systemstruktur	70
7.2	Systemavgränsning	79
8	BERÄKNINGSMETODIK	
8.1	Kalkyleringssystematik	81
8.2	Kostnadsredovisning	88

IV	KALKYLEXEMPEL	
9	UPPLÄGGNING	96
10	KOSTNADSKALKYL	
10.1	Kalkylförutsättningar	97
10.2	Produktkostnader	103
10.3	Förvaltningskostnader	114
11	KOSTNADSANALYS	
11.1	Analysförutsättningar	121
11.2	Känslighets- och simuleringsanalys	125
11.3	Utvärdering	145
	SLUTSATSER	154
	SUMMARY	157
	REFERENSER	166
	BILAGOR	
	Bilaga 1: BSAB-systemet. Produkttabell 2.	179
	Bilaga 2: K-blockets kontoplan.	181
	Bilaga 3: Spreadsheetskalkylering i LOTUS 1-2-3.	184
	Bilaga 4: Simuleringsanalyser. Diagram.	192

## FÖRORD

En byggnads anskaffningskostnader kalkyleras utifrån mängdförteckningar, materialpriser och drifttider för de i produkten ingående komponenterna och aktiviteterna. Under byggnadens livscykel tillkommer kostnader för driftaktiviteter och underhållsåtgärder för att den tekniska standarden skall bibehållas under produktens hela brukstid.

För att byggnaden skall få en ur teknisk, ekonomisk och estetisk synpunkt god kvalitet är det lämpligt att kostnaderna kalkyleras utifrån ett långtidsperspektiv. Byggnadens olika delar bör därvid struktureras med avseende på uppföljning och redovisning av kostnaderna under olika skeden av byggprocessen.

Studien har genomförts vid institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, KTH under ledning av professor Hans G Rahm och finansierats med medel från Statens råd för byggnadsforskning under tidsperioden 1986-02-01--1988-10-31. Synpunkter på bl a forskningsmetodik och praktiska tillämpningsproblem har under arbetets gång lämnats av en referensgrupp bestående av:

Jan-Olov Arremo, VIAK AB

Hans Björnsson, CTH/Byggnadsekonomi och byggnadsorganisation

Jan Kielland, Byggentreprenörerna

Birger Ljung, SU/Företagsekonomi

Stellan Lundström, KTH/Fastighetsekonomi

Lena Magnusson, SABO

Hans G Rahm, KTH/Byggnadsekonomi och byggnadsorganisation

Ingemar Wermelin, FFNS Byggrådgivare AB (tidigare K-Konsult)

Jag vill tacka såväl referensgruppen som kollegor på och utanför institutionen för deras bidrag till rapportens slutliga utformning. Jag vill därvid speciellt tacka Ingemar Wermelin för hans hjälp med erforderliga kalkyldata och Emmanuel Simkoko för hans hjälp med den engelska sammanfattningen. Jag vill vidare tacka Eva-Marie Senning och Paulsson Frenckner för deras konstruktiva kritik under licentiatseminariet 1988-02-26.

Slutligen vill jag också rikta ett tack till min familj och mina föräldrar för deras uppmuntrande ord och goda råd. Framförallt vill jag nämna min hustru Anne-Riitta, vars tålmodiga engagemang och positiva stöd starkt bidragit till att hålla ambitionsnivån uppe och mina söner Emanuel och Jakob för deras förmåga att sprida glädje och ge inspiration i det vardagliga arbetet.

De eventuella felaktigheter som finns i rapporten är helt och hållet mina egna.

Stockholm i jan 1989.

Thomas Westin

## FIGURFÖRTECKNING

## SID

1	Kostnadsstyrning	30
2	Nuvärdesmetoden	41
3	Byggprocessen	63
4	Systemstruktur	71
5	Systempåverkan	72
6	System och modell	73
7	Modellutformning	73
8	Modelluppbyggnad	74
9	BSAB-systemets P2-tabell	76
10	Systemets omgivning	80
11	Kostnadsslag och tidsintervall	81
12	Underhållsnomenklatur	83
13	Kostnadsberäkning komponentval	87
14	Kostnadsberäkning byggdelar	88
15	LCC-matris	89
16	Matrissummering	90
17	Redovisningsmatris	93
18	Förvaltningskostnadsmatris	94
19	Kostnader byggdel 355	104
20	Kostnader byggdel 500	105
21	Årskostnader, byggdelar och kostnadsslag	106
22	Årskostnader, procentandelar	107
23	Anskaffningskostnader. Kostnadsandelar, produktdelarna 33-37	109
24	Kostnader för planerat underhåll. Kostnadsandelar, produktdelarna 34-37	110
25	Anskaffningskostnader. Kostnadsandelar, produktdelarna 33-37 uppdelat på olika tidsintervall	111
26	Kostnader för planerat underhåll. Kostnadsandelar, produktdelarna 34-37 uppdelat på olika tidsintervall	112
27	Avskrivningar och räntekostnader år 1 (1987), totalt	117
28	Avskrivningar och erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), totalt	120
29	Triangulärfördelningens frekvensfunktion	124
30	Årskostnader byggdel 355. Störning å-pris, UE, UI, N och r	126



31	Årskostnader byggdel 500. Störning à-pris, UE, UI, N och r	127
32	LCC för produkt del 35,10. Störning byggdel 355	129
33	LCC för huvudgrupp 3,10 och produkt 1,0. Störning byggdel 355	129
34	LCC för produkt del 35,10, huvudgrupp 3,10 och produkt 1,0. Störning byggdelarna 350-359	130
35	Summa avskrivningar 1 (AV1) år 1 (1987), totalt. Störning TI = 5-60	132
36	Erforderlig hyresintäkt år 4 (1990), totalt. Störning TI, r och KPI(A)	134
37	Förvaltningskostnader år 1 (1987), totalt. Slumpvariabler: TI = 5-60	136
38	Medelvärden TI = 5-60 (%)	137
39	Varianser TI = 5-60 (%)	138
40	Genomsnittlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI, TI, korr, r och KPI	139
41	Genomsnittlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI + r + KPI och TI + r + KPI, korr	140
42	Årlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), medelvärden totalt. Slumpvariabler: TI, TI, korr, r och KPI	141
43	Årlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), medelvärden totalt. Slumpvariabler: TI + r + KPI och TI + r + KPI, korr	142
44	Årlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI + r + KPI	143
45	Årlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI + r + KPI, korr	144
46	Förvaltningskostnader år 1 (1987), totalt. Slumpvariabler: TI = 5-60, korr	192
47	Förvaltningskostnader år 1 (1987), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI och r	192
48	Förvaltningskostnader år 1 (1987), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI + r	193
49	Summa avskrivningar 1 (AV1) år 3 (1989), totalt. Slumpvariabler: TI = 5-60	193

50	Summa avskrivningar 1 (AV1) år 3 (1989), totalt. Slumpvariabler: TI = 5-60, korr	194
51	Summa avskrivningar 1 (AV1) år 3 (1989), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI och KPI	194
52	Summa avskrivningar 1 (AV1) år 3 (1989), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI + KPI	195
53	Summa räntekostnader 1 (RÄ1) år 5 (1991), totalt. Slumpvariabler: r	195
54	Summa räntekostnader 1 (RÄ1) år 5 (1991), extremvärden totalt. Slumpvariabler: r, KPI och r + KPI	196

## TABELLFÖRTECKNING

SID

1	Begreppsförklaringar	33
2	Kalkyldata	50
3	Projektet Solen	98
4	LCC-matris, totalt	108
5	LCC-matris, kostnadsställe 1	113
6	LCC-matris, kostnadsställe 2,1	113
7	LCC-matris, kostnadsställe 2,2	114
8	Kostnadsbalans, totalt	115
9	Förvaltningskostnader år 1 (1987), totalt	116
10	Kostnadsprognos år 3 (1989), totalt	118
11	Kostnadstablå år 1-5 (1987-1991), totalt	119
12	Parametervärden à-pris, UE, UI, N och r	125
13	Årskostnader byggdel 355. Störning à-pris, UE, UI, N och r	126
14	Årskostnader byggdel 500. Störning à-pris, UE, UI, N och r	127
15	LCC för produkt 35,10, huvudgrupp 3,10 och produkt 1,0. Störning byggdel 355	128
16	LCC för produkt 35,10, huvudgrupp 3,10 och produkt 1,0. Störning byggdelarna 350-359	130
17	Parametervärden KPI	131
18	Summa avskrivningar 1 (AV1) år 1 (1987), totalt. Störning TI = 5-60	131
19	Erforderlig hyresintäkt år 4 (1990), totalt. Störning TI = 5-60, r och KPI(A,U,D)	133
20	Parametervärden, slumpvariabler	135
21	Medelvärden och varianser TI (%)	137
22	Standardavvikelser (%)	145
23	Årskostnader. Maximal störningsprocent	146
24	Variationsvidder	151

## SAMMANFATTNING

Under slutet av 1960-talet och i början av 1970-talet utvecklades nya metoder och en mängd oprövade material togs fram. Byggmarknaden blev en lönsam marknad för entreprenörer och materialtillverkare, medan byggherrar och förvaltare hamnade i en sämre sits. Byggherren fick ej utrymme för några kvalitetslösningar och förvaltaren fick ej någon nämnvärd inverkan på de vid produktionstidpunkten valda tekniska lösningarna. Den färdiga produkten fick således en i det längre tidsperspektivet bristfällig kvalitet.

För att komma till rätta med bl a det förbisedda behovet av underhållsåtgärder är det viktigt att byggnadens kostnader kalkyleras och redovisas med tanke på byggprocessens olika skeden. Ett problem är därvid hur kostnaderna skall fördelas på olika kostnadsslag och kostnadsställen för att redovisningen skall bli logisk och överskådlig och för att en uppföljning under hela byggnadens livscykel skall kunna vidtagas. Problematiken ligger i att gruppera och systematisera kostnaderna i grupper och system som är ändamålsenliga från både projekterings- och förvaltningssynpunkt.

En av svårigheterna är att redovisningsmässigt koppla samman kostnaderna för anskaffning och återanskaffning av delar och komponenter med de i förvaltningsskedet verksamhetsanknutna driftkostnaderna. Viktiga frågeställningar är t ex hur fastighetens gemensamma byggnads- och förvaltningskostnader skall fördelas och grupperas för att kalkylering och redovisning skall kunna utföras med samma metodik som gäller för de kostnader som kan hänföras till olika byggdelar.

Syftet med studien är att visa hur man med en matrisbaserad kalkylerings- och redovisningsmetodik kan strukturera och beräkna livscykelkostnaderna (LCC) för en byggnad.

Syftet är vidare att, empiriskt med en fallstudie, exempelfiera den framlagda beräkningsmetodiken och visa hur den kan användas parallellt i både projekterings- och förvaltningsskedet samt,

med hjälp av känslighets- och simuleringsanalyser, åskådliggöra vilken betydelse som störningar i indata och modellparametrar har på kostnadsutfallet.

Kalkylmodellen skall därvid vara användbar både för projektören vid byggnadens tekniska utformning och för förvaltaren som ett kalkylunderlag för underhålls- och driftbudgetering samt för erfarenhetsåterföring till nybyggandet. Kostnaderna under förvaltningen baseras därvid direkt på de för byggnaden framtagna livscykelkostnaderna.

Avsikten är således att förvaltaren redan under projekteringsarbetet skall kunna nyttja modellen som ett prognosinstrument med vars hjälp han kan få en bild av hur kostnaderna fördelas mellan olika år och på skilda kostnadsställen under byggnadens livscykel.

Den matrisbaserade LCC-kalkyleringen skall ses som ett bidrag till kunskapsuppbyggnaden inom det område av forskningsfältet som ligger mellan grundläggande teoretiska studier, t ex optimering av kostnader, livslängder och brukstider, och tillämpade empiriska undersökningar, t ex analys av och samband mellan kostnaderna för anskaffning, drift och underhåll.

Studien avgränsas till bostadsfastigheter och till flerbostadshus. Beräkning, redovisning och analys av kostnaderna, för de ingående aktiviteterna och åtgärderna, genomförs i form av en fallstudie för ett utvalt hus. Det innebär således att metodik och beräkningsgång prioriteras framför absoluta resultat. Studien har ej för avsikt att ta fram några bättre tekniska grunddata, t ex livslängder och underhållsintervall, för olika material och byggkomponenter. Detta medför att kalkyldata från befintliga kalkylverk anses vara relevanta med hänsyn till studiens syfte och uppläggning.

I denna studie där avsikten är att projektera och bygga med avseende på förvaltningsskedet är det lämpligt att utgå från ett förvaltningsinriktat byggarperspektiv. Ett förvaltningsinriktat byggande innebär att projektören väljer komponenter och tekniska system utifrån en kalkylhorisont som sammanfaller med byggnadens

bedömda användningstid (livscykel). De under projekteringsskedet valda tekniska lösningarna och de i förvaltningsskedet erforderliga åtgärderna ses i ett sammanhang och fördelningen av kostnaderna görs efter de olika komponenternas livslängder.

En rationell och effektiv fastighetsförvaltning har sin grund i ett aktivt kostnadstänkande under projekteringsarbetet. Ett villkor för detta är t ex att långsiktiga investeringar, där de olika bygghandlarna utnyttjas tekniskt optimalt under bygghandens livscykel, genomdrivs. Komponenterna väljs på basis av långsiktiga investeringsbedömningar där den tekniska kvaliteten är optimal med hänsyn till det aktuella projektets tänkta verksamhet. Det förutsätts därvid att de olika komponenterna väljs på ett från produktionssynpunkt lämpligt sätt med avseende på tekniskt utförande och kronologisk ordningsföljd.

För att projektören utifrån ett förvaltningsinriktat byggarperspektiv skall kunna välja bygghandskomponenter och aktivt styra kostnaderna under projekteringsskedet och för att förvaltaren skall få erforderlig kostnadstäckning under hela bygghandens livscykel och ges möjlighet till uppföljning av driftkostnaderna och erfarenhetsåterföring till nybyggandet krävs det ett kalkylsystem som är:

- uppbyggt på ett från projekterings- till förvaltningsskedet kontinuerligt sätt där drift- och underhållskostnaderna kan följas upp och där en erfarenhetsåterföring till projektering och nybyggande kan ske fortlöpande under byggprocessen.
- konstruerat på ett sätt som innebär att såväl aktiviteter under projekteringsskedet som åtgärder under förvaltningsskedet kan inrymmas, grupperas och kodas på ett, utifrån det förvaltningsinriktade byggarperspektivet, logiskt och ändamålsenligt sätt.
- uppbyggt med en struktur som medför att kostnaderna kan beräknas både för komponenter och delar separat och för bygghanden som helhet.
- åtgärds- och ansvarsinriktat genom att de totala livscykelkostnaderna för varje komponent beräknas uppdelade efter kostnadsslag och livslängder (underhållsintervall) och redovisas på skilda kostnadsställen.



- anpassat till dator och lättanslutet till byggnads- och lägenhetsregister.
- snabbt och lätt att uppdatera vid förändringar i indata och kalkylelement.
- flexibelt och användbart vid förändringar av verksamheten och vid utveckling av byggteknik och nya byggmaterial.

Mot bakgrund av de uppställda kalkylkraven och vid studier av befintliga system och modeller visar det sig att ett mål är att försöka finna ett samband mellan begreppen aktivitet och produkt. Hittills har produktklassificering med aktiviteter fördelade på produktdelar och olika nivåer ej lyckats. Aktiviteterna kräver bättre detaljeringsnivåer och produktdelarna måste nyanseras bättre. Efterfrågan på en särskild aktivitetstabell är således stor.

En kostnadsmodells användbarhet under förvaltningsskedet beror till stor del på huruvida det går att fördela aktiviteterna för drift och underhåll på olika kostnadsställen och kostnadsslag med avseende på var kostnaden har uppkommit. Kritiska synpunkter har t ex riktats mot att de bägge produkttabellerna i BSAB-systemet ej är anpassade till förvaltningsskedet och att möjligheten att redovisa kostnaderna på lokaler, vilket är en viktig nivåkategori för det invändiga underhållet, saknas.

I kalkylmodellen grupperas och beräknas bostadsfastighetens totala livscykelkostnader i riktning mot ett förvaltningsinriktat byggande genom att såväl produktionskostnader som kostnader för drift och underhåll, för bostadsfastighetens samtliga komponenter, struktureras enligt BSAB-systemet och i ett skedesperspektiv.

Modellen byggs därvid upp av fyra olika delsystem. På den fjärde och lägsta nivån (systemnivå 4) återfinns bostadsfastighetens byggdelar. Nästa nivå (systemnivå 3) består av delsystem med produktdelar vars komponenter utgörs av byggdelar. På liknande sätt är produktdelarna systemkomponenter på systemnivå 2 där delsystemen är tio huvudgrupper. Dessa är slutligen komponenter på den högsta nivån (systemnivå 1) där systemet utgörs av hela produkten (bostadsfastigheten).

De kostnadsposter som är gemensamma för hela byggnaden och ej består av några aktiviteter eller åtgärder som går att fördela på någon speciell byggdelt ex projektering och administration, betraktas som produkt delar direkt. Kostnaderna för dessa aktiviteter tillhör ett enda kostnadsslag.

Med utgångspunkt från resurser i form av mängder och å-priser beräknas kostnaderna för de utvalda komponenternas aktiviteter. Kostnaderna redovisas därefter i s k LCC-matriser bestående av tidsintervall (TI) radvis och kostnadsslagen, anskaffning (A), planerat underhåll (Up), avhjälpande underhåll (Ua) och drift (D), kolumnvis. Tidsintervallen utgörs av antingen byggnadens brukstid (T), komponenternas livslängder (N) eller aktuellt underhållsintervall (UI).

An- och återanskaffningskostnaderna kan, beroende på den aktuella komponentens livslängd, infalla vid samtliga tidsintervall medan driftkostnaderna, som har en återkommande periodicitet av ett år, endast kan infalla vid tidsintervallet ett. Kostnaderna för det planerade underhållet kan infalla vid tidsintervallen  $5 \leq TI \leq T/2$  medan kostnaderna för det avhjälpande underhållet kan infalla akut någon gång under aktuell komponents livslängd.

K-slag	A	Up	Ua	D
TI				
1				
5				
10				
15				
20				
30				
60				

Därefter summeras LCC-matriserna på byggnadsnivån ihop till LCC-matriser på allt högre systemnivåer vilket slutligen resulterar i en LCC-matris för produkten som helhet.

Ur redovisnings- och kostnadstäckningssynpunkt delas de olika byggdelarna upp på två skilda kostnadsställen. Det ena har med byggnadens utformning att göra (basbyggnadsdelen) och det andra inrymmer dess verksamhet (lokalbyggnadsdelen). Det sistnämnda delas i sin tur in i två underavdelningar, lägenheter respektive gemensamma utrymmen.

När kostnaderna för hela bostadsfastigheten är beräknade ställs en redovisningsmatris upp som visar hur förvaltningskostnaderna för de olika kostnadsslagen täcks. Redovisningsmatrisen ligger sedan till grund för beräkning av erforderlig hyresintäkt. I en förvaltningskostnadsmatris beräknas därvid de årliga kapitalkostnaderna för anskaffning, återanskaffning och planerat underhåll samt årskostnaderna för avhjälpande underhåll och drift.

Val av komponenter till de olika byggdelarna baseras bl a på skillnaden i årskostnad mellan olika alternativa byggnadsutformningar. En störning av de för byggdelen aktuella parametrarnas värden med 10% respektive 20% runt ursprungsnivån ger t ex upphov till förändringar i årskostnadsnivån.

Helt analogt med investeringsbedömningarnas kalkylfilosofi kan man utläsa att årskostnaden är mest känslig för störningar av parametrar som infaller i början av livscykel, t ex priser och korta livslängder, och minst känslig för förändringar av underhållsintervall och de livslängder som sammanfaller med byggnadens brukstid. Helt följdriktigt ser man också att årskostnaden förändras i samma riktning som störningen vid förändringar av å-pris, UE-kostnad och räntenivå men i motsatt riktning som störningen vid variationer av underhållsintervall och livslängder.

Analyserna visar vidare att en förskjutning av tidpunkt för underhållsåtgärder har en mycket liten påverkan på årskostnaden. Detta befäster därvid teorin om att tidpunkten för underhållsåtgärder bör anges inom ett intervall med en spannvidd av ca 20% runt det bedömda utgångsvärdet.

Störningar av å-pris och UE-kostnader ger upphov till väldigt olika utfall dels mellan olika kostnadsslag och tidsintervall dels mellan de olika systemnivåerna. Återverkningarna blir dock som mest lika stora som störningarna av å-pris och UE-kostnad och för flertalet kostnadsposter klart lägre.

Känsligheten för störningar av tidsintervall, räntesats och varierande kostnadsutveckling för de olika kostnadsslagen har t ex studerats för den erforderliga hyresintäkten. Analysen visar t ex att:

- den erforderliga hyresintäkten påverkas försumbart vid variationer av tidsintervallen 5-20 och med bara 1-2% vid variationer av 30- och 60-årsintervallen.
- den erforderliga hyresintäkten påverkas mest av räntesatsen, ca 30% av störningen, och mindre än 1% vid störningar av KPI.

Detta visar att osäkerheten i angivna tidsp parametrar som brukstid, livslängder och underhållsintervall ej har någon avgörande inverkan på den erforderliga hyresintäktens storlek. Vidare ser man att den erforderliga hyresintäkten är klart känsligare för ränteförändringar än för justeringar av KPI.

Simulering av kostnaderna utan korrelation mellan parametrarna ger frekvensdiagram som i stort sett uppvisar ett normalfördelat utfall medan simulering med korrelation mellan parametrarna ger diagram där utfallsfrekvensen pendlar kraftigt runt medelvärdet.

Variationsvidden vid simulering av förvaltningskostnaderna år 1 och den genomsnittligt erforderliga hyresintäkten år 1-5, liknar helt analogt varandra. Variationsvidden då endast en parameter slumpas i taget är störst för räntefaktorn ( $r$ ), lite mindre för korrelerade tidsintervall och minst för okorrelerade tidsintervall. Differensen mellan max- och minvärdet är vidare klart större då  $TI + r$  är okorrelerade än då  $TI + r$  är korrelerade. Vid simulering av den genomsnittligt erforderliga hyresintäkten ser man vidare att variationsvidden för KPI är av underordnad betydelse.

Den årligt erforderliga medelhyresintäkten för vart och ett av

de fem första åren påverkas i stort sett lika oberoende av parameter eller kombinationer av parametrar och om parametrarna är korrelerade eller okorrelerade. Det visar sig också, liksom vid känslighetsanalyserna, att de erforderliga hyresintäkterna påverkas relativt lite förutom då samtliga parametrar slumpas samtidigt och okorrelerade. Ett genomgående drag är dessutom att räntefaktorn har en relativt stor inverkan på kostnadsnivån medan KPI, som ensam slumpvariabel, har en mycket liten påverkan.

Kostnadsanalysen visar därvid att en bristfällig kostnadskalkylering, t ex en felaktigt utförd mängdavtagning eller val av komponenter med höga årskostnader, har större betydelse för kostnadsutfallet under förvaltningsskedet än vad störningar av brukstid, livslängder och underhållsintervall har. Det visar sig också att årskostnaderna och LCC-matriserna är mer känsliga för störningar än vad förvaltningskostnaderna och de erforderliga hyresintäkterna är. Resultaten ger således belägg för att styrningen av kostnaderna och påverkan på byggnadens utformning bör ske i projekteringsskedet.



## DISPOSITION

I rapporten ges, med utgångspunkt från begreppen logik och struktur vid kostnadskalkylering med avseende på ett långtidsperspektiv, en kalkylteoretisk och metodologisk grund för hur en LCC-modell kan tillämpas i olika skeden av byggprocessen åtföljt av ett kalkylexempel som visar hur teori och metodik kan appliceras på ett verkligt objekt.

Rapporten delas in i fyra huvudavsnitt med de ingående kapitlen numrerade löpande genom de olika huvudavsnitten.

I det första huvudavsnittet ges en bakgrund till problemområdet åtföljt av vilka kalkylerings- och redovisningsproblem som föreligger. Syftet anges och studien avgränsas till sin omfattning samt kalkylsynsätt och kalkylkrav presenteras.

I huvudavsnitt två ges först en kalkylteoretisk utgångspunkt bestående av definitioner och hur en LCC-kalkyl teoretiskt byggs upp och praktiskt tillämpas. Därefter ges, relativt omfattande, en beskrivning av kunskapsläget inom kalkylområdet. De delområden som behandlas är relevansen i kalkyldata, projekteringsskedets kalkylmetoder och vilka kalkylsystem i projekterings- och förvaltningsskedena som finns framtagna.

I det tredje huvudavsnittet ges en metodologisk beskrivning av hur klassificering och kodning av byggdelar och kostnader går till samt hur några befintliga kalkylmodeller har utformats. Därefter ges en komplett bild av LCC-modellens uppbyggnad med avseende på bl a systemstrukturen. Slutligen beskrivs beräkningsmetodiken vid val av komponenter i projekteringsskedet och för beräkning och redovisning av byggnadens livscykelkostnader och årliga kapitalkostnader under förvaltningsskedet med återföring till projekteringsskedet.

I huvudavsnitt fyra visas med utgångspunkt från kalkylteori och modellstruktur och utifrån givna kalkylförutsättningar hur metodiken kan appliceras på ett verkligt byggnadsobjekt. Kalkyleringen åtföljs av känslighetsanalyser och simuleringar.



Resultaten av analyserna utvärderas för att se hur olika värden på de ingående kalkylelementen påverkar olika typer av kostnader under projekterings- och förvaltningsskedet.

I slutsatserna behandlas bl a syftets uppfyllelse och på vilket sätt som de uppställda kalkylkraven har tillgodosetts.

I ett större perspektiv vänder sig studien i första hand till andra forskare inom ämnesområdet. De målgrupper som primärt berörs är projektörer och fastighetsförvaltare. Sekundärt bör även entreprenörer, politiska beslutsfattare, myndigheter, organisationer och övriga intressenter inom byggbranschen vara intresserade av studiens innehåll. De boende är dock den målgrupp som ytterst kan komma att beröras av den i studien framlagda kalkylteorin och modellstrukturen.

# I INLEDNING

## 1 PROBLEMLÄGGRUND

### 1.1 Miljonprogrammets effekter

Byggverksamheten har under det senaste decenniet alltmer förskjutits från nyproduktion till insatser inom ROT-sektorn. Aktiviteterna har i hög grad inriktats mot åtgärder som syftar till att bevara och vidmakthålla det befintliga beståndet i ett ur boendesynpunkt fullgott skick. Det innebär att reparations- och underhållsåtgärder svarar för en allt större del av de totala byggnadsinvesteringarna inom bostadssektorn, jfr SOU 1982:65 och SOU 1984:35.

Under slutet av 1960-talet och i början av 1970-talet utvecklades nya metoder och en mängd oprövade material togs fram. Byggmarknaden blev en lönsam marknad för entreprenörer och materialtillverkare, medan byggherrar och förvaltare hamnade i en sämre sits. Byggherren fick ej utrymme för några kvalitetslösningar och förvaltaren fick ej någon nämnvärd inverkan på de vid produktionstidpunkten valda tekniska lösningarna. Den färdiga produkten fick således en i det längre tidsperspektivet bristfällig kvalitet.

Bakgrunden till denna utveckling har sin grund i ett alltför kortsiktigt produktionstänkande under den expansiva byggperioden från mitten av 1960-talet till mitten av 1970-talet. Regeringens bostadsprogram, det s k miljonprogrammet 1965-74, med en miljon lägenheter på tio år, drev upp ett tempo där effekterna i det längre tidsperspektivet förträngdes.

Bristerna i miljonprogrammet och det under lång tid förbisedda behovet av underhållsåtgärder i det befintliga bostadsbeståndet börjar därför nu på 1980-talet alltmer framträda. Förutom ett eftersatt periodiskt underhåll har ett flertal extraordinära brister och fel påvisats. Ruttnade träfönster, skadade betongbalkar och mögel är några exempel på vanligt förekommande problem, jfr Sjöström m fl (1982) och Westin (1982).

Underhållsbehovet för åren 1984-1986 beräknades uppgå till 21 miljarder kronor exklusive invändigt underhåll och underhåll av mark, el och VVS, jfr Svennerstedt och Tolstoy (1984). I denna beräkning utgör resursbehovet för normalt planerat underhåll 11 miljarder och akuta reparationsinsatser för extraordinärt underhåll 10 miljarder. För flerbostadshus byggda 1961-1975 har en stor del av skador och fel åtgärdats de senaste åren varför det största behovet av åtgärder finns i gruppen flerbostadshus byggda före 1961 och framförallt för hus byggda före 1940. Skador och fel har dock ej bedömts ha ökat sedan 1982, jfr Svennerstedt och Tolstoy (1984).

Oavsett skadeutveckling är det angeläget att skador och fel åtgärdas och att erforderliga medel för planenligt underhåll reserveras. I annat fall är det risk att delar av fastighetsbeståndet får en låg teknisk standard som på sikt innebär en förstöring av realkapital.

Erfarenheter och synpunkter från dem som var verksamma under miljonprogrammet (1965-1974), uttalanden i fackpress och vid konferenser och seminarier underströk ett behov av forsknings- och utvecklingsinsatser som inriktas mot att nå en bättre samverkan mellan projektörer och fastighetsförvaltare, jfr Westin (1982) och Sjöholm (1986).

## 1.2 Kostnadsutvecklingen

Utvecklingen gick fort under slutet av 1970-talet. Byggpriserna steg, 1960-talets ekonomiska tillväxt började avta och privathushållen fick trots kraftiga löneökningar en allt sämre köpkraft, jfr Lundberg och Rydén (1980) och SOU 1982:34. Den totala produktionskostnaden per m<sup>2</sup> för flerbostadshus ökade mellan åren 1971 och 1981 med i genomsnitt 15,2% per år, vilket var större än KPI:s ökning. De totala förvaltningskostnaderna steg också kraftigt under 1970-talet. Kostnaderna för drift och underhåll ökade mellan åren 1972 och 1981 med i genomsnitt 14,6% per år, vilket var klart högre än KPI, medan kapitalkostnaderna under samma period hade en

långsammare utvecklingstakt än KPI, jfr Lundqvist (1981) och SOU 1982:65.

Den ogynnsamma byggprisutvecklingen i slutet av 1970-talet berodde enligt byggprisutredningen, jfr SOU 1982:34, till stor del på den ökade standarden och den sjunkande produktiviteten. Utredningen menar vidare att de stigande generella subventionerna till bostadssektorn innebar ett statligt skydd mot prishöjningar. Det skapades en ekonomisk miljö där de olika parterna kunde höja sina priser mer än på andra marknader.

Ekonomi i fastighetsförvaltningen blev därmed hårt pressad. Det ansträngda kostnadsläget innebar att avsättningar till framtida utgifter, för att bevara fastigheten i ett fullgott skick, fick en låg prioritet gentemot kapital- och driftkostnader. Kostnadsstegringarna och den kraftiga prisutvecklingen på energisidan gav givetvis inte utrymme för ett planerligt fastighetsunderhåll på basis av uppställda underhållsplaner. Nödtvungna utgifter för räntor och amorteringar samt kostnaderna för uppvärmning tog i huvudsak hela intäktssidan i anspråk.

Enligt SABO-företagens ekonomiska statistik har fastighetsförvaltningen under åren 1977-1981 uppvisat underskott. Enligt SCB:s bostads- och hyresundersökningar täcks ej det planerade utgiftsbehovet för planerligt underhåll med hyrorna. Detta gäller främst för de nyare fastigheterna, jfr SOU 1982:65.

Under 1960- och 1970-talen avskaffades hyresregleringen gradvis till förmån för bruksvärdessystemet och paritetslånet ersattes av ett till produktionskostnaden knutet och på schablonvärden baserat lånesystem, jfr Hansson och Turner (1977), Turner (1979) och SOU 1981:77. Samhällets utgifter till bostadssektorn i form av olika subventioner tog därmed en stor del av det utrymme som statsbudgeten medgav, jfr SOU 1982:34 och SOU 1984:35.

Detta ledde in bostadssektorn i en ond cirkel. Nyproduktionen avtog, ägarna fick trots statliga räntesubventioner ej täckning för sina kostnader och de boende fick trots skattesubventioner en i förhållande till betalningsförmågan allt högre hyra, jfr

SOU 1984:35. Kostnadsutvecklingen i samband med den höga inflationen gav istället upphov till en rad negativa effekter, t ex oskäligen realisationsvinster, en förmögenhetsuppbyggnad för ägarna med hjälp av inflationen och en "svart" hyresmarknad, jfr Hansson (1977).

Nuvarande lånesystem har således ej skapat kostnadsneutralitet mellan olika boendeformer eller paritet mellan kostnader och intäkter, jfr Turner (1979) och Lundqvist (1981). Olika symptom har åtgärdats temporärt utan att de grundläggande orsakerna och svagheter har angripits.

## 2 PROBLEMMOMRÅDE

### 2.1 Kalkylerings- och redovisningsproblem

För att komma till rätta med de i kapitel 1 påtalade missförhållandena är det viktigt att byggnadens kostnader kalkyleras och redovisas med tanke på byggprocessens olika skeden.

Ett grundläggande problem vid kostnadskalkylering är därvid att erhålla relevanta indata. Kalkyleringen under projekteringsskedet påverkas t ex av mätfel vid mängdavgivningar, bristfälliga kostnadsuppgifter och felaktiga parameterantaganden.

Ett annat problem är hur kostnaderna bör fördelas på olika kostnadsslag och kostnadsställen för att redovisningen skall bli logisk och överskådlig och för att en uppföljning under hela byggnadens livscykel skall kunna vidtagas. Problematiken ligger i att gruppera och systematisera kostnaderna i grupper och system som är ändamålsenliga från både projekterings- och förvaltningssynpunkt. En av svårigheterna är att redovisningsmässigt koppla samman kostnaderna för anskaffning och återanskaffning av delar och komponenter med de i förvaltningsskedet verksamhetsanknutna driftkostnaderna.

Viktiga frågeställningar är t ex hur fastighetens gemensamma byggnads- och förvaltningskostnader skall fördelas på olika



kostnadsslag och kostnadsställen och hur de skall grupperas för att kalkylering och redovisning skall kunna utföras med samma metodik som gäller för de kostnader som kan hänföras till olika byggdelar.

Kalkyldata under projekteringsskedet bygger till stor del på kostnadsuppföljning från liknande objekt och från erfarenhetsåterföring från förvaltningsskedet. En rad problem föreligger dock, t ex den långa tid som förflyter från projekteringen till dess att förvaltningsdata skall användas, det faktum att de som projekterar byggnaden ofta ej skall bruka och underhålla densamma och att det inte finns två byggnader som är lika vad gäller nyttjande och drift. Användbarheten och tillförlitligheten i kalkyldata är således beroende av vilka transformerings-, tidsanpassnings- och variationsproblem som föreligger, jfr Raftery (1984).

Vid kalkylering av de framtida drift- och underhållskostnaderna råder det alltid en viss osäkerhet om kostnadsutveckling och på vilket sätt som akuta fel och förslitning av material och komponenter påverkar livslängder och underhållsintervall. En viktig aspekt är att byggnadens livscykel ej bestäms av de ingående komponenternas fysiska livslängd, med avseende på förslitning och behov av utbyten, utan av den tidpunkt då det ur ekonomisk synpunkt ej är lönsamt att bruka fastigheten längre, jfr Flanagan (1984).

Informationen om sannolikheten för fel och brister hos material och komponenter är knapphändig och ofullständig. Den bristfälliga dokumentationen av felfrekventa komponenter medför därför att det är mycket svårt att förutsäga tidpunkt och kostnad för framtida underhållsåtgärder, jfr Rakhra (1980). Problematiken består av att med hänsyn till byggnadens, p g a åldern, försämrade beskaffenhet bedöma drift- och underhållskostnadernas framtida omfattning och karaktär.

Det saknas ett systematiskt standardförfarande för hur relevanta driftkostnadsdata skall samlas in, analyseras och redovisas, se kapitel 5.1. Genom att insamlingen av driftdata är kostsam är det viktigt att projektören upplever informationen som värdefull



och att mängden pappersarbete begränsas till förmån för en analys av kostnaderna. Stora svängningar hos driftdata medför vidare att analyserna måste göras med särskild omtanke och försiktighet. Driftkostnaderna anges ofta för hela system vilket innebär att jämförelser mellan olika fastigheter ej kan företas och att insamlade driftdata ej kan bilda underlag för kalkylbeslut, jfr Flanagan (1984).

Möjligheten att följa upp och redovisa kostnaderna för byggnaden försvåras vidare av det informationsgap som existerar mellan de under byggprocessen inblandade parterna, jfr Hardcastle (1984). En viktig faktor är t ex att de framtida kostnaderna bedöms utifrån felaktiga förutsättningar och med bristande och dåligt underbyggda erfarenheter. Projektörerna intresserar sig t ex alltför lite för risk- och osäkerhetsaspekterna när det gäller att välja rätt komponent ur kvalitetssynpunkt, jfr Grover, R och S (1984). Bristen på adekvata data, komplexiteten i angreppssätt och den otillräckliga förståelsen för de bakomliggande sambanden har för närvarande begränsat de deterministiska modellernas användningsområde, jfr Tucker (1984).

Flanagan nämner vidare att åtskillnad mellan kostnader och intäkter vid den ekonomiska redovisningen ger en otydlig bild av förhållandet mellan anskaffnings- och förvaltningskostnader och att olika skatteregler för olika kostnadsslag har en kraftig inverkan på resultatet.

## 2.2 Syfte

Syftet med studien är att visa hur man med en matrisbaserad kalkylerings- och redovisningsmetodik kan strukturera och beräkna livscykelkostnaderna (LCC) för en byggnad.

Syftet är vidare att, empiriskt med en fallstudie, exempelfiera den framlagda beräkningsmetodiken och visa hur den kan användas parallellt i både projekterings- och förvaltningsskedet samt, med hjälp av känslighets- och simuleringsanalyser, åskådliggöra vilken betydelse som störningar i indata och modellparametrar har på kostnadsutfallet.

Kalkylmodellen skall därvid vara användbar både för projektören vid byggnadens tekniska utformning och för förvaltaren som ett kalkylunderlag för underhålls- och driftbudgetering samt för erfarenhetsåterföring till nybyggandet. Kostnaderna under förvaltningen baseras därvid direkt på de för byggnaden framtagna livscykelkostnaderna.

Avsikten är således att förvaltaren redan under projekteringsarbetet skall kunna nyttja modellen som ett prognosinstrument med vars hjälp han kan få en bild av hur kostnaderna fördelas mellan olika år och på skilda kostnadsställena under byggnadens livscykel.

Den matrisbaserade LCC-kalkyleringen skall ses som ett bidrag till kunskapsuppbyggnaden inom det område av forskningsfältet som ligger mellan grundläggande teoretiska studier, t ex optimering av kostnader, livslängder och brukstider, och tillämpade empiriska undersökningar, t ex analys av och samband mellan kostnaderna för anskaffning, drift och underhåll.

### 2.3 Avgränsningar

Studien avgränsas till bostadsfastigheter och till flerbostadshus. Beräkning, redovisning och analys av kostnaderna, för de ingående aktiviteterna och åtgärderna, genomförs i form av en fallstudie för ett utvalt hus. Det innebär således att metodik och beräkningsgång prioriteras framför absoluta resultat.

Studien har ej för avsikt att ta fram några bättre tekniska grunddata, t ex livslängder och underhållsintervall, för olika material och byggkomponenter. Detta medför att kalkyldata från befintliga kalkylverk anses vara relevanta med hänsyn till studiens syfte och uppläggning, se kapitlen 2.2, 9, 10.1 och 11.1.

Bostadsfastighetens beskattning behandlas ej inom ramen för denna studie. Det görs heller ingen närmare analys av hur bidrag och subventioner kommer att påverka kostnadsbilden eller hur kostnaderna, sett ur makroperspektiv, är relaterade till

kreditmarknad och samhällsekonomi.

I studien behandlas intäktssidan passivt vilket medför att det ej tas någon hänsyn till de indirekta, sekundära konsekvenserna. Det innebär att ett strategiskt planerande för att uppnå en yttre intäktsfokuserad effektivitet med hävstångseffekter på räntabilitet och lönsamhet lämnas därhän, se kapitlen 3.1 och 8.2.

Organisationen av underhållsarbetet, hur arbetet tekniskt utförs och vilka egenskaper och kvalitetskrav som bör ställas på de ingående materialen och komponenterna behandlas ej. Dessa problem studeras utförligt i närbesläktade projekt på andra institutioner vid KTH.

### 3 KALKYLSYNSÄTT

#### 3.1 Kalkylperspektiv

Kalkyleringsproblematiken kan studeras utifrån olika perspektiv och med olika värderingar som grund. I denna studie där avsikten är att projektera och bygga med avseende på förvaltningsskedet är det lämpligt att utgå från ett förvaltningsinriktat byggarperspektiv. Ett förvaltningsinriktat byggande innebär att projektören väljer komponenter och tekniska system utifrån en kalkylhorisont som sammanfaller med byggnadens bedömda användningstid (livscykel).

De under projekteringsskedet valda tekniska lösningarna och de i förvaltningsskedet erforderliga åtgärderna ses i ett sammanhang och fördelningen av kostnaderna görs efter de olika komponenternas livslängder, jfr Frenckner (1982) och SOU 1984:36.

Erforderliga åtgärder under förvaltningsskedet hänger till stor del ihop med produktens tekniska utformning och de material och byggdelar som har valts under projekteringsarbetet. Byggnadsteknisk kvalitet bör därför prioriteras med hänsyn till en ur drift- och underhållssynpunkt effektiv förvaltning. De framtida drift- och underhållskostnaderna beaktas och vägs

samman med anskaffningskostnaderna. Projektörens val av komponenter görs således med beaktande av de tekniska egenskaperna sedda i ett långtidsperspektiv.

En rationell och effektiv fastighetsförvaltning har sin grund i ett aktivt kostnadstänkande under projekteringsarbetet. Ett villkor för detta är t ex att långsiktiga investeringar, där de olika byggdelen utnyttjas tekniskt optimalt under byggnadens livscykel, genomdrivs. Komponenterna väljs på basis av långsiktiga investeringsbedömningar där den tekniska kvaliteten är optimal med hänsyn till det aktuella projektets tänkta verksamhet. Det förutsätts därvid att de olika komponenterna väljs på ett från produktionssynpunkt lämpligt sätt med avseende på tekniskt utförande och kronologisk ordningsföljd.

Under brukstiden försämras den tekniska beskaffenheten hos olika byggdelen och material. Livslängden varierar i de flesta fall från ungefär fem år till byggnadens totala brukstid. För att bostaden skall bibehålla sin tekniska standard under hela brukstiden erfordras det därför att olika komponenter ersätts med nya och att underhåll utförs med i förväg bestämda tidsintervall.

Beroende på nyttjandegraden av lägenheter och gemensamhetsutrymmen slits vissa material och komponenter fortare än vad den bedömda livslängden anger. Detta medför att vissa åtgärder bör utföras med kortare intervall än vad som normalt är brukligt. Byggnaden får således en ur teoretisk synvinkel oändlig livscykel. I praktiken kommer dock den tekniska utvecklingen, verksamhetens framtida inriktning och förändringar i nyttjandegrad att påverka den verkliga brukstidens längd.

En fungerande fastighetsförvaltning beror, förutom en långsiktig kostnadsbedömning under projekteringskedet, på förvaltningsstrategi och underhållspolicy. Ett förvaltningsperspektiv behöver därför inte renodlat innebära att komponenter och byggdelen väljs med avseende på en låg årskostnad. Flexibilitet och estetiska aspekter kan t ex motivera dyrbara produktionslösningar medan speciellt hårt

nyttjade lokaler bör utformas utifrån drift- och underhållssynpunkt.

Ägarens förvaltningsstrategi och underhållspolicy bör vidare förenas med de boendes möjlighet att kunna påverka sina boendekostnader, jfr Lundqvist (1981) och Johansson-Bejrum (1983). Ägaren kan t ex genom en effektivare förvaltning få ner driftkostnaderna medan de boende med aktsamhet, ansvars känsla och eget arbete kan minska kostnaderna för såväl drift (skötsel och löpande underhåll) som planerat och avhjälpande underhåll i lägenheter och gemensamhetsutrymmen. Ansvaret för förvaltningsverksamheten och för att erforderliga underhållsinsatser sätts in på rätt ställe och vid rätt tidpunkt bör därvid ligga hos fastighetsägaren.

Genomförandet av kvalitetsbefrämjande åtgärder beror dock på ägarens kreativitet, de boendes intresse för underhåll och drift och huruvida de olika intressenterna kan utläsa något mervärde i form av t ex högre standard, lägre kostnader eller ökad trivsel och välbefinnande.

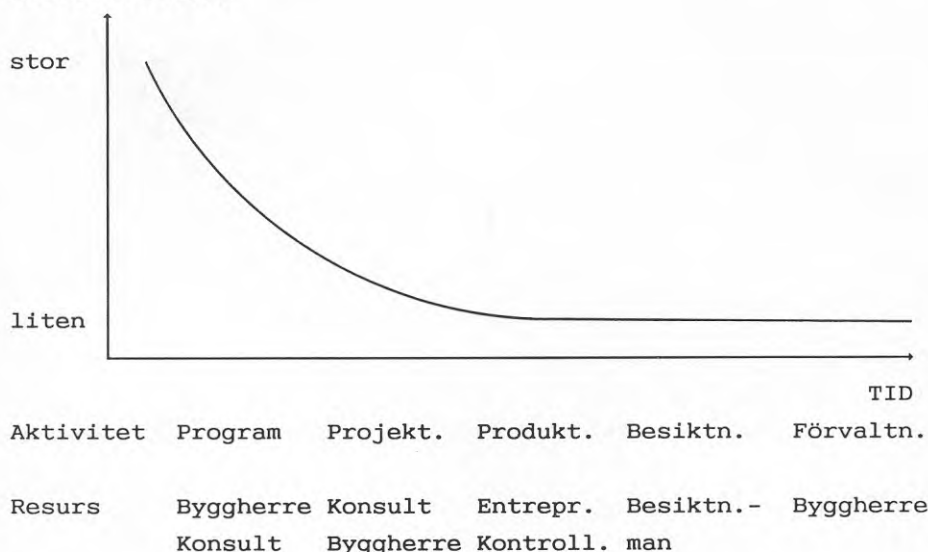
Ett långsiktigt förvaltningsperspektiv bör vidare innebära att de boende betalar en avgift som ligger i paritet med den tidsaktuella kvalitetsnivån hos fastigheten. Det är nämligen ur både rättvis- och motivationssynpunkt lämpligt att belasta de boende med de kostnader som uppkommer under den tidsperiod då de nyttjar lägenheten. Kostnaderna för de boende bör också vara lika stora oavsett om fastighetsägaren väljer att ta upp krediter (lån) eller om aktieägarna tillskjuter kapital.

### 3.2 Kalkylkrav

Möjligheten att kunna styra kostnaderna är störst i början av projekteringen, jfr bl a Fjällström m fl (1983), Orshan (1984), Öfverholm (1984) och Wermelin (1986). Detta medför att det är viktigt att kalkyleringen startar i ett tidigt skede och att kalkylarbetet görs flexibelt med hänsyn till förändringar och till en kontinuerlig uppföljning, se figur 1.



## MÖJLIG PÅVERKAN



Figur 1. Kostnadsstyrning (Källa: VVS & Energi 1/87)

Kostnadskalkyleringen under projekteringsskedet borde i större utsträckning göras i syfte att hitta en optimal lösning för byggnaden och dess delar. I nuvarande lånesystem prioriteras låga produktionskostnader framför låga årskostnader. Det innebär att kvalitetslösningar sett ur ett längre tidsperspektiv ej beaktas och att beständiga material ej premieras.

För att kunna gruppera och väga samman olika kostnadsslag och kostnader som uppträder vid olika tidpunkter under en byggnads brukstid krävs det ett kalkylsystem som redan i projekteringsskedet beaktar byggnadens totala livscykelkostnader, jfr Sjöström-Hedge (1982). Val av komponenter bör baseras på investeringsbedömningar och årskostnadskalkyler, utifrån en långsiktig ekonomisk bedömning, jfr bl a Ljung (1979) och Forsaeus och Mattsson (1980).

För att kunna kalkylera de totala kostnaderna under projekteringsskedet krävs det ett enhetligt klassifikations- och kodsysteem som är anpassat till såväl anskaffnings- som förvaltningsaktiviteter. Ett dylikt branschsystem medför t ex att det blir lättare att se var i byggnaden som olika



kostnadsförändringar äger rum. Detta ger i sin tur en positiv inverkan på kostnadsredovisningen och erfarenhetsåterföringen till nybyggandet samt en bättre möjlighet för projektören att kunna påverka kostnaderna i de skeden av byggprocessen då förändringar kraftigt inverkar på hela projektets totalkostnad, jfr Karlsson (1986) och Wermelin (1986).

För att kalkylarbetet skall bli aktivt erfordras det att projektörer och kalkylerare arbetar tillsammans. Det innebär att kalkylen måste byggas upp så att snabba justeringar av produktens kvantiteter (mängder) och kvaliteter (å-kostnader) kan vidtas. Detta innebär att enhetliga mätregler måste finnas som t ex visar hur randvillkoren mellan vägg och bjälklag skall se ut och hur areagränserna skall dras, jfr Carlson m fl (R21:1986).

Det är t ex väsentligt att val av energisystem görs i samband med val av enskilda byggkomponenter och att utformning av lägenheter och våningsplan anpassas till olika behov samt görs flexibla med hänsyn till framtida förändringar, jfr Carlson m fl (R20:1986). För att kunna byta ut komponenter och delar i en konstruktion krävs det således produktionstekniska lösningar som separerar funktioner med olika livslängd.

För att projektören utifrån ett förvaltningsinriktat byggarperspektiv skall kunna välja byggnadskomponenter och aktivt styra kostnaderna under projekteringsskedet och för att förvaltaren skall få erforderlig kostnadstäckning under hela byggnadens livscykel och ges möjlighet till uppföljning av driftkostnaderna och erfarenhetsåterföring till nybyggandet krävs det ett kalkylsystem, jfr Greger m fl (1973), som är:

- uppbyggt på ett från projekterings- till förvaltningsskedet kontinuerligt sätt där drift- och underhållskostnaderna kan följas upp och där en erfarenhetsåterföring till projektering och nybyggande kan ske fortlöpande under byggprocessen.
- konstruerat på ett sätt som innebär att såväl aktiviteter under projekteringsskedet som åtgärder under förvaltningsskedet kan inrymmas, grupperas och kodas på ett, utifrån det förvaltningsinriktade byggarperspektivet, logiskt

och ändamålsenligt sätt.

- uppbyggt med en struktur som medför att kostnaderna kan beräknas både för komponenter och delar separat och för byggnaden som helhet.
- åtgärds- och ansvarsinriktat genom att de totala livscykelkostnaderna för varje komponent beräknas uppdelade efter kostnadsslag och livslängder (underhållsintervall) och redovisas på skilda kostnadsställen.
- anpassat till dator och lättanslutet till byggnads- och lägenhetsregister.
- snabbt och lätt att uppdatera vid förändringar i indata och kalkylelement.
- flexibelt och användbart vid förändringar av verksamheten och vid utveckling av byggteknik och nya byggmaterial.

Innan det är dags att ta sig an den s k LCC-modellen och dess möjligheter att tillgodose de uppställda kalkylkraven är det av stor vikt att kunskapsläget inom kostnadskalkylering behandlas från såväl teoretisk som teknisk utgångspunkt. Genom att det förväntade bidraget med studien skall ligga i forskningsfältet mellan teori och empiri är det, enligt min mening, önskvärt och välbehövligt med en vid beskrivning av vad som finns dokumenterat inom kalkylområdet. Denna filosofi medför därvid att nästföljande huvudavsnitt om kostnadskalkylering blir relativt omfattande.

## II KOSTNADSKALKYLERING

## 4 KALKYLTEORETISK UTGÅNGSPUNKT

## 4.1 Terminologi

För att öka förståelsen för hur kostnadskalkyleringen utförs och hur LCC-modellen är uppbyggd är det av stor vikt att några grundläggande begrepp och beteckningar förklaras och definieras. Definitionerna är anpassade till studiens syfte och uppläggning och gör ej anspråk på att vara generellt tillämpbara.

I tabell 1 nedan återfinns en sammanställning av de viktigaste begreppen med beteckningar och definitioner, jfr bl a Augustsson m fl (1977), VVS Tekniska Föreningen (1980), Arthursson och Sandesten (1981) och Frenckner och Olausson (1984).

Tabell 1. Begreppsförklaringar

BEGREPP	BETECKNING	DEFINITION
Annuitet		Årligt lika stort belopp.
Annuitetsfaktor	a	$\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$ <p>där i = kalkylräntefot och N = livslängd. Faktor varmed ursprunglig skuld eller grundinvestering skall multipliceras vid beräkning av annuitet.</p>
Anskaffningskostnad	A	Kostnader för ny- och ersättningsinvesteringar av olika komponenter under en byggnads livscykel.

Avskrivning	AV	En på anskaffnings- /återanskaffningskostnaden grundad årlig värdeminskning av komponenter.
Brukstid	T	Bedömd användningstid för byggnaden. Brukstiden definierar bostadsfastighetens livscykel.
Diskontering		Omräkning av utbetalningars värde till en annan tidpunkt än betalningstidpunkten.
Driftkostnad	D	Kostnader, för bl a administration, skötsel och försörjning, där aktiviteterna sker med en periodicitet lika med eller kortare än ett år.
Fastighetsförvaltning		Handhavande av fastighet under juridiskt ansvar.
Förvaltningskostnad	Fk	Kapitalkostnader och kostnader för drift och underhåll under byggnadens brukstid.
Hyresintäkt	Hi	Erforderlig hyresnivå utifrån sambandet $K = I$ .
Inflationstakt	p	Årlig ökning av den allmänna prisnivån varvid penningvärdet minskar.
Intäkt	I	Periodiserad inkomst.
Investering		Disposition av kapital med betalningskonsekvenser under en längre tidsperiod. Utbyten av komponenter benämns ersättningsinvesteringar.

Kalkylräntefot	i	Den räntefot till vilken framtida betalningar diskonteras. Det avkastningskrav som ställs på en investering.
Kapitalkostnad	Kk	Årlig kostnad för förräntning och avskrivning av det i byggnaden eller byggdelen nedlagda kapitalet.
Kostnad	K	Periodiserad utgift.
Kostnadskalkyl		Beräkning eller uppskattning av kostnader för en byggdelen eller en byggnad.
Kostnadsslag		Indelning av kostnader efter resursslag.
Kostnadsstyrning		En medveten påverkan på projektets eller byggnadsverkets utformning i syfte att nå ett önskat förhållande mellan dess värde eller nytta och kostnaderna.
Kostnadsställe		Var kostnaden har uppkommit.
Livscykel		Den tidsrymd under vilken byggnaden anses vara lämplig att bruka ur kostnadssynpunkt.
Livslängd	N	Bedömd användningstid för olika komponenter. Företrädesvis är $N < T$ .
- ekonomisk		Lönsamhetsoptimal användningstid.
- teknisk		Kostnadsoptimal användningstid.

- fysisk

Användningstid som är oberoende av ekonomiska faktorer.

Nuvärde

PV

PV (Present Value) är framtida utbetalningsvärde idag efter diskontetering, med hjälp av en vald kalkylränta, till en referens-tidpunkt.

Nuvärdefaktor

$\delta$

$$\frac{1}{(1 + i)^N}$$

där  $i$  = kalkylräntefot och  $N$  = livslängd. Faktor med vilken omräkning av utbetalningar till en referenspunkt, vanligtvis nutid-punkten, görs.

Real kalkyl-räntefot

$r$

Kalkylräntefot uttryckt i fast penningvärde. Sambandet mellan real och nominell kalkylräntefot kan approximeras till  $r = q - p$  där  $q$  = nominell kalkylräntefot och  $p$  = årlig inflationstakt.

Underhålls-intervall

UI

Det faktiska intervallet mellan en och samma underhållsåtgärd för en komponent under dess tekniska livslängd.

Underhålls-kostnad

U

Kostnader för samtliga åtgärder under en komponents livslängd, med en periodicitet längre än ett år, som syftar till att vidmakthålla komponentens funktion och tekniska standard.



Underhåll, avhjälpande	Ua	Ej i förväg tidplanerade åtgärder som antas inträffa akut någon gång under en komponents livslängd.
Underhåll, planerat	Up	I förväg planerade åtgärder som utförs med en bestämd periodicitet under en komponents livslängd.
Årskostnad	Å	Den årliga summan av komponentens genomsnittliga anskaffnings-, underhålls- och driftkostnader ( $\bar{A} = A + U + D$ ).

---

#### 4.2 Kalkylteorier

Nedan följer en beskrivning av hur bl a resursoptimering och kostnadsminimering under en byggnads livscykel kan behandlas teoretiskt.

Detaljerade studier av en byggnads kostnader har främst koncentrerats till projekterings- och produktionsskedet, jfr Newton (1982). Förhållandet mellan byggtid och byggkostnad kan t ex enligt Bromilow (1969) bestämmas med hjälp av en konstant vars värde beror av enheternas omloppstid och det år som kostnaderna relateras till.

Under senare år har dock ett allt större intresse riktats mot teoretiska studier som behandlar den optimala användningen av tekniska, finansiella och övriga resurser under en byggnads totala livscykel. Den ekonomiska livslängden hos byggnader kan därvid bestämmas med utgångspunkt från en s k MAPI (Machinery & Allied Products Institute)-tillämpning. Den bakomliggande teorin baseras på att livslängden för en byggnad dels beror på att byggnaden slits och försämras, varvid underhållskostnaderna stiger, dels att nya byggnader, överlägsna de gamla, hela tiden produceras.

MAPI-tillämpningen används för att försöka bestämma ett

kostnadsminimum för varje byggnad genom att undersöka när summan av förvaltnings- och investeringskostnaderna är som lägst, jfr Suokko (1972). När livslängden är till ända studeras, med både MAPI-tillämpning och nuvärdesmetoden, lönsamheten för en modernisering alternativt en nybyggnad. Den ekonomiska livslängden bestäms även för framtida byggnader.

Suokko tror därvid att den ekonomiska livslängden kommer att minska i framtiden beroende på bl a att förändrade levnadsförhållanden medför en successiv försämring av kvalitetsnivån hos material och byggkomponenter. Slutsatserna från studien visar på ett ömsesidigt beroende mellan byggkostnaderna och den ekonomiska livslängden och att gapet mellan byggnadens tekniska varaktighet och dess ekonomiska livslängd hela tiden tenderar att öka.

Betydelsen av återkommande händelser under förvaltningsskedet visas genom att en given procentuell minskning av anskaffningskostnaderna resulterar i en approximativt lika stor ökning av de årliga driftkostnaderna och en fyrfaldig ökning av enbart underhållskostnaderna, jfr Tucker (1976).

Optimeringsmodeller för underhållsfrågor med avseende på optimal livslängd eller tidpunkt för underhållsinsatser har tagits fram av bl a Rapp (1974), och en optimeringsmodell som utifrån nuvärdesmetodiken kan användas för att fastställa den optimala tidpunkten för moderniseringar har utformats av bl a Bröchner (1978). Montag (1981) har konstruerat en modell i vilken det går att bestämma när det ur kostnadssynpunkt är mest effektivt att bygga om eller att riva en byggnad. Den avgörande faktorn är byggnadens ekonomiska livslängd, d v s den tidpunkt då AEC (Annual Equivalent Cost) har sitt minimum. Montag skiljer härvid på den oförbättrade existerande byggnaden och den tänkta ersättningsbyggnaden.

En modell i vilken man kan bestämma och i rätt tid förutse behovet av erforderliga underhållsåtgärder har konstruerats av Damen och Botman (1983). Modellen består av två delar, en dynamisk del där förändringar i beståndet orsakade av nybyggnader, rivning och förbättringsåtgärder studeras och en

del där underhållsbehovet under livscykeln studeras med avseende på utvecklingen av underhållskostnaderna i relation till byggnadens ålder.

Villkoren för att minimera en byggnads totala livscykelkostnader under hela brukstiden kan, enligt Bromilow och Tucker (1983), formuleras utifrån en given nivå av service. Avsikten är att nyttan för byggnaden under hela livscykeln maximeras genom att kostnaderna, under förutsättning att intäkterna hålls konstanta, minimeras. Servicen, som innefattar återkommande kostnader för underhåll och energi, relateras till byggnadens kvalitet och uttrycks som en funktion av anskaffningskostnaden över byggnadens livscykel. Övriga driftkostnader hålls konstanta. Variablerna utgörs av bl a tidshorisonten, diskonteringsräntan, förändringar av kostnadsnivån hos underhåll och drift under tidshorisonten samt de normala standardkostnaderna för anskaffning, underhåll och energi för varje aktuell åtgärd.

Den totala livscykelkostnaden (LCC) för att både uppföra och bruka en byggnad under dess livscykel uttrycks som en summa av de ingående kostnadernas nuvärden. Genom att integrera funktionerna för de olika kostnaderna över tiden erhålls en ekvation för den totala LCC. En differentiering av LCC med avseende på kapitalkostnaden per enhet ger ett värde på kapitalkostnaden när LCC når sitt minimum. Studiens resultat visar hur de olika faktorerna påverkar totalkostnaden. En slutsats av detta är att det i allmänhet råder en obalans i fördelningen mellan anskaffnings- och underhållskostnader. En annan slutsats är att det ofta är billigare att reducera produktionskostnaderna per enhet även om det medför en ökning av förvaltningskostnaderna.

Ett synsätt där livscykelkostnaderna studeras utifrån reliabilitetsteorin har tagits fram av Grover, R och C (1984) och utvecklats vidare (1987). Tanken är att felfrekvensen hos byggkomponenter moduleras med hjälp av standardfunktioner. Utifrån de olika komponenternas felfunktioner och byggnadens livslängd kan därefter kostnaderna och tidpunkt för reparationer och utbyten under byggnadens livscykel bestämmas.

Synsättet möjliggör en utveckling av alternativa underhållspolicier med specifik hänsyn till de boendes önskemål med avseende på betalningstidpunkt och undvikande av risk för fel hos de ingående komponenterna. Det medför att LCC-kalkyleringen inte enbart kan användas vid val mellan olika komponenter under projekteringsstadiet utan även kan bli ett fortlöpande verktyg under byggprocessen vid bl a val av strategi och vid underhållsbudgetering.

Siemes och Vrouwenvelder (1985) har utifrån ett probabilistiskt angreppssätt undersökt huruvida man med hjälp av reliabilitetsanalys kan uppnå en optimal byggnadsutformning med avseende på varaktigheten. Kalkylering med hänsyn till osäkerhet och med beaktande av riskfaktorer har även behandlats av t ex Lichtenberg (1971), Björnsson (1978) och Abrahamsson (1978).

Utifrån antaganden om hur volym och pris för drift, underhåll och reparationer utvecklar sig över en lägenhets livstid kan man i en reellt grundad investeringsmodell beräkna de totala kostnaderna för fastigheter som är byggda vid olika tidpunkter, jfr Hansson (1977). Modellen kan bl a användas till att bestämma hur låneutgiften skall fördelas över byggnadens livstid och till att få fram den hyra som är nödvändig för att fastigheten skall få erforderlig kostnadstäckning under hela livscykel.

#### 4.3 Investeringsbedömning

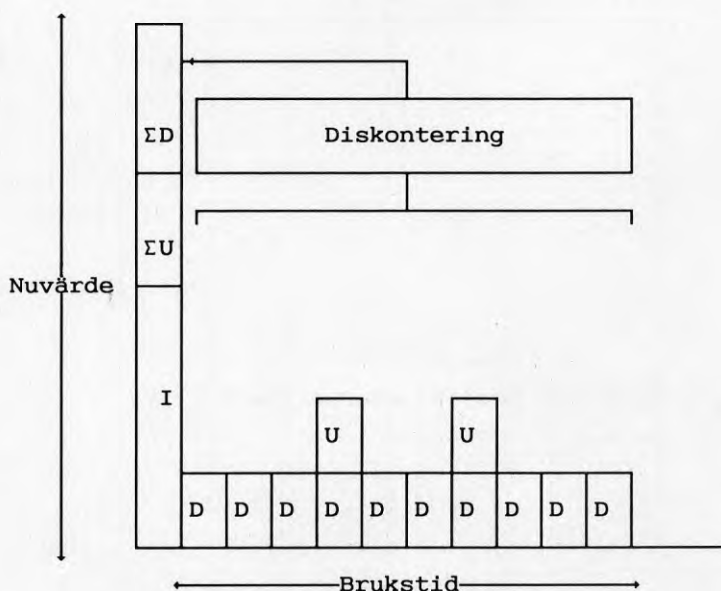
Kalkylarbetet under byggprocessen påverkas av en rad olika beslut. Dessa varierar beroende på var i projekteringsarbetet som man befinner sig. Oavsett detaljeringsgrad och beslutsunderlag ställs dock projektledaren inför olika alternativval med hänsyn till bästa möjliga förhållande mellan värde och kostnad.

Styrning av kostnaderna medför att en långsiktig investeringsbedömning bör företas. Det innebär att investeringskostnaden först bestäms med någon kalkylmetod, se kapitel 5.2, varefter årskostnaden beräknas med hjälp av nuvärdes- eller annuitetsmetoden.

En beskrivning av de grundläggande principerna för investeringsbedömning och hur olika metoder kan användas återfinns i t ex Asztély (1973), Ljung (1977) och Marshall (1984).

En vanlig beslutssituation är val av komponenter till olika byggdelar med avseende på byggnadens totala livscykel. Investeringskalkylen blir oftast lika med en kostnadskalkyl där de olika alternativen rangordnas efter de totala livscykelkostnaderna medan intäkterna, som är svåra att uppskatta, lämnas därhän, jfr VVS Tekniska Föreningen (1980) och Eriksson (1980).

Vid kalkyleringen görs de framtida förvaltningskostnaderna (drift och underhåll) jämförbara med investeringskostnaden (anskaffning). Nuvärdesmetoden används varvid framtida kostnader, med hjälp av kalkylräntefoten, räknas tillbaks (diskonteras) till en och samma tidpunkt, företrädesvis nutidpunkten, se figur 2.



Figur 2. Nuvärdesmetoden (Källa: KBS-rapport nr 153)



Nuvärdet för de periodvis återkommande underhållskostnaderna erhålls således genom att dessa multipliceras med nuvärdefaktorn (δ) enligt sambandet:

$$PV = Up * \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (i)$$

där

PV = nuvärdet (Present Value).

Up = aktuell underhållskostnad.

i = kalkylräntefoten.

n = tidshorisonten.

För årligen återkommande lika stora belopp, t ex driftkostnader, används istället en s k nusummefaktor, vilken är summan av var och en av de under tidsperioden ingående nuvärdefaktorerna. Nuvärdet av driftkostnaderna beräknas därvid enligt sambandet:

$$PV = D * \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \quad (ii)$$

där

D = aktuell driftkostnad.

Annuitetsmetoden (årskostnadsmetoden) är nuvärdesmetoden omvänd, såtillvida att annuitetsfaktorn i ekvation (iii) nedan är det inverterade värdet av nusummefaktorn i ekvation (ii) ovan. Det innebär att investerings- och underhållskostnaderna fördelas på den aktuella brukstiden/livslängden. Underhållskostnaderna måste dock först diskonteras, med hjälp av nuvärdesmetoden till investeringstidpunkten efter aktuell livslängd, innan de fördelas på respektive livslängd. Driftkostnaderna behöver varken diskonteras eller fördelas då dessa periodiseras som årliga kostnader direkt.

Årskostnaden (Å) för de olika kostnadsslagen erhålls genom att nuvärdet (PV) för respektive kostnadsslag multipliceras med



annuitetsfaktorn (a) enligt sambandet:

$$\dot{A} = PV * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (iii)$$

Den totala årskostnaden ( $\dot{A}$ ) för en komponent uttrycks därefter som summan av årskostnaderna för anskaffning-, underhåll- och drift enligt sambandet:

$$\dot{A} = \Sigma [\dot{A}(A) + \dot{A}(U) + \dot{A}(D)]$$

där

$\dot{A}$  = årskostnad.

A = anskaffningskostnad.

U = underhållskostnad.

D = driftkostnad.

Kalkylräntefoten kan, liksom vid nuvärdeberäkningarna, uttryckas nominellt eller Realt, jfr bl a Hansson (1977) och Frenckner och Olausson (1984). Användning av den reala annuitetsmetoden förordas av bl a Kommunförbundet, jfr Larsson (1984).

En stor mängd rapporter finns framtagna som visar metodik och arbetsgång vid kalkylering av ett projekts årskostnader. Nämnas kan bl a Augustsson m fl (1977), Forsaeus och Mattsson (1980), VVS Tekniska Föreningen (1980), Arthursson och Sandesten (1981) och Mattsson och Söderberg (1983).

#### 4.4 LCC-analys

LCC-teknik används ofta för att jämföra olika projekteringsalternativ i syfte att nå en optimal byggnadsutförande med avseende på ekonomi, genomförande och varaktighet. Analyserna utgör således ett hjälpmedel för att uppnå en effektiv växelverkan mellan kostnader och kvalitet under livscykeln och ett underlag för bättre projekteringsbeslut, jfr bl a Musa (1984).

Vid kalkylering av en byggnads totala livscykelkostnader bestäms de ingående kalkylelementen utifrån antaganden om hur framtiden kommer att gestalta sig, jfr bl a Stone (1967) och Flanagan och Norman (1983). Det innebär t ex frågor om kvalitet och livslängd i relation till totalekonomin, kalkylränta och kostnadsutveckling och vilken användningstid som kan förväntas utifrån aktuellt kalkylperspektiv och vald förvaltningsstrategi, jfr Lundström (1986).

The Building Economics Subcommittee of the American Society for Testing and Materials (ASTM) har definierat LCC som en ekonomisk undersökningsteknik där kostnaderna för anskaffning, underhåll och drift, uttryckta i nuvärden eller årskostnader, summeras för ett investeringsalternativ över en given tidsperiod. En beskrivning av de kostnader och kalkylelement som ingår i en LCC-analys återfinns hos bl a Stone (1967) och Sofat (1985).

LCC-analysen utförs stegvis enligt nedanstående punkter, jfr Rakhra (1980), Flanagan och Norman (1983) och ASTM (1983).

1. Specificering av syfte och avgränsningar.
2. Identifiering av olika alternativ för att uppnå målen.
3. Ange värden på de olika kalkylelementen, t ex kalkylränta, inflationstakt, ekonomisk livslängd.
4. Identifiera och beräkna de ingående kostnaderna.
5. Diskontera samtliga kostnader till samma tidpunkt.
6. Jämför den totala livscykelkostnaden för varje alternativ och välj det alternativ som har lägst totalkostnad.
7. Analysera resultatet med avseende på känsligheten i utgångsförutsättningarna.

Tillämpningsområden för LCC-analyser är t ex vid bestämmande av optimal byggnadsutformning eller ombyggnadstidpunkt, vid energihushållning och vid val av olika byggnadsdelar, jfr Rakhra (1980).

Under 1980-talet har ett flertal byggnadsekonomer visat hur LCC-analyser kan användas i syfte att maximera en byggnads nytta under dess livscykel. Analyserna utförs i de flesta fall antingen som en optimering av byggnadens utformning med avseende

på en minimering av byggnadens livscykelkostnader under dess livscykel eller för att bestämma byggnadens optimala ekonomiska livslängd med utgångspunkt från de årliga kostnaderna för anskaffning, drift och underhåll, jfr Neale och Wagstaff (1985).

En algoritm och ett datorbaserat Cash flow-program (SIROCA) där de ingående faktorernas betydelse vid kalkylering av en byggnads kostnader under dess livscykel har utvecklats av Marshall och Tucker (1974). Programmet är lämpligt att använda för olika typer av finansiella studier både vid en översiktlig utformning av byggnaden och vid mer detaljerade analyser samt vid en överblick av produktionsprocessen. En ekonomisk projekteringsmodell för byggnader (EBPM) där arkitekter och projektörer snabbt och effektivt kan utföra ekonomiska analyser i ett tidigt skede av projekteringen har tagits fram av Kirk (1979). Professionella projektörer kan med fördel använda modellen för att jämföra olika projekteringsalternativ med avseende på de totala LCC.

Olika motiv för att optimera en byggnads LCC med hjälp av viktade uttryck för max NPV och min LCC finns beskrivet hos Russel och Arlani (1981). Olika tekniker för att optimera en byggnads LCC har tagits fram av Taylor (1981). Kostnaderna grupperas och relateras därvid i system och i tiden med beaktande av omgivande faktorer och med hänsyn till syfte och mål.

Ett mycket omfattande basicprogram för kalkylering av ett byggnadsprojekts totala LCC har utformats av ASTM (1983). Projektet delas därvid upp i ett flertal större huvudgrupper beroende på variationer i prisutveckling, avskrivningsplaner och skattebehandling. För varje byggnadskomponent anges underhållsintervall och åtgärds kostnad och samtliga kostnader för de olika komponenterna kalkyleras och diskonteras till nuvärdet och årskostnader. Programmet kan även handskas med olika finansieringsformer och skatteförhållanden.

Ekonomiska modeller där kostnaderna beräknas och analyseras utifrån en LCC-databas har utvecklats av Murphree (1984). Två modeller har tagits fram i syfte att förse projektörerna med de

indata och den information som krävs för värdering av olika alternativa metoder och som beslutsstöd för bl a militär byggprojektering.

Grunderna för tillämpning av LCC-analyser vid energibesparingsberäkningar och som ett verktyg vid energihushållning återfinns hos bl a Marshall och Ruegg (1977) och Ruegg (1982). Utifrån definitioner och olika parameterantaganden beskrivs metodik och genomförande och i ett datorbaserat LCC-program jämförs olika energiinvesteringar.

En kostnadsanalysmodell för energihushållning där fastighetsägaren på ett objektivet sätt, med hjälp av avkastningsmetoden, kan värdera olika energibesparingsåtgärder har tagits fram av Montag (1981). Två datorbaserade program, (CECILE och FIDELE), anpassade till kalkylering av lägsta LCC för alternativa energiinvesteringar, inkluderande en optimering av de ingående parametrarna under givna kalkylförutsättningar och ekonomiska hypoteser, har utvecklats av Urien och Elias (1984).

## 5 KALKYLTEKNISK REFERENSRAM

### 5.1 Kalkyldata

#### Indata

Data kan inhämtas från tre olika källor, jfr Flanagan och Norman (1983), nämligen:

- data från tillverknings-, leverantörs- och producentspecialister.
- data från modeller.
- historiska data där kostnaderna för anskaffning, drift och underhåll delas upp komponentvis och jämförs inbördes med avseende på LCC-perspektivet.

Variationer i indata beror bl a på att:

- uppdelningen av driftkostnader i olika byggnadselement avviker från hur anskaffningskostnaderna sätts samman.
- kostnaderna fördelas olika beroende på typ av byggnad och hur fastigheten brukas.
- samma typ av byggnader är projekterade på olika sätt och med olika funktionsnoggrannhet.
- leverantördata över en viss byggnad eller byggdel sammanblandas med historiska data som ej är funktions- eller byggdelsrelaterade.

Detaljeringsgraden hos indata bör baseras på LCC-analysens utförande, informationskvaliten hos närliggande investeringsalternativ och vilken betydelse som kostnaderna för byggnaden har i förhållande till övriga investeringskostnader, jfr Dinwiddy (1980).

Man skiljer på två olika typer av data vid långsiktiga prognoser, tvärsnittsdata och longitudinella data. Tvärsnittsdata är data vid en viss tidpunkt t ex underhållskostnaderna vid en given tidpunkt för olika gamla byggnader medan longitudinella data kan avse en tidsrymd från något år till byggnadens hela livscykel. Genom att utnyttja bägge typerna fås den bästa indikationen på både nivån och utvecklingstrenden hos olika indata, jfr Lundström (1986).

UK Building Research Establishment (BRE) har i ett flertal undersökningar studerat byggnadskostnaderna i den offentliga sektorn med tonvikten lagd på att försöka relatera förvaltningskostnaderna till fysiska parametrar, t ex ledningsförmåga och godtycke. Resultaten visar att, när de fåtal parametrar där en klar påverkan på kostnaderna kan redovisas, det ändå återstår stora variationer i de kostnader som är oförklarade.

Det har också konstaterats att faktorer som har med praktiskt agerande och handlingsfrihet att göra har en stor betydelse inte enbart för nivån på kostnaderna under brukstiden utan också på



de parametrar som bestämmer byggnadens utformning. En bedömning av framtida driftkostnader på basis av insamlade data är däremot inte relevant förrän omfattningen av materialet är så stort att en klar tendens kan urskiljas. Prognoserna försvåras bl a genom att en stor spridning runt medelvärdet föreligger.

Studier utanför den offentliga sektorn har bl a visat hur svårt det i praktiken är att erhålla relevanta data med de metoder som för närvarande används. Avsaknaden av ett standardiserat insamlingsförfarande medför t ex att en detaljerad kostnadsklassificering ej kan företas.

Man har också försökt utröna om det finns något samband mellan olika utförandealternativ och de framtida förvaltningskostnaderna. Detta visar därvid att t ex olika uppvärmningssystem har effekter både på anskaffningskostnaden och på driftkostnaderna såväl totalt som uppdelat i delposter. Det finns dock än så länge ingen direkt indikation på att låga anskaffningskostnader ger höga följdskostnader. Olika metoder för att beräkna kostnaderna och olika parameterantaganden visar dock att anskaffnings- och följdskostnaderna bör behandlas med samma vikt ur livscykelkostnadssynpunkt.

Intresset för bättre investeringsbeslut och en hushållning med resurserna under livscykeln har därför ökat. Det är dock klart att kostnadsbesparande åtgärder under förvaltningsskedet är av underordnad betydelse gentemot byggnadens totala kostnader. Den sparpotential som en reducering av driftkostnaderna innebär skall därför inte övervärderas men för den skull beaktas i samband med t ex möjligheten att erhålla bättre förvaltningsdata, jfr Dinwiddy (1980).

Underhållskostnadernas utveckling under en byggnads livscykel med en antagen varaktighet hos byggnaden på 60 år har studerats av bl a Bildmark (1954) och Jarle (1963). Bildmark har i sin studie också mycket ingående angivit underhållskostnaderna för en byggnads samtliga byggnadselement. Byggnadselementen har därvid grupperats i huvudgrupper och underavdelningar och kostnaderna har angivits i tre olika prislägen.



Andra betydelsefulla studier där kostnaderna för att projektera och förvalta en byggnad kalkyleras och analyseras medelst olika kalkyltekniker har utförts av Stone (1967) och Seeley (1972). Stone har t ex gjort en statistisk bearbetning av varaktigheten hos olika byggkomponenter som visar hur underhållskostnaderna sprider sig inom och mellan olika år under komponentens livslängd. Seeley har bl a visat hur man kan fördela en byggnads anskaffningskostnader på olika byggelement och hur man kan jämföra olika komponentalternativ med varandra utifrån en analys av de totala kostnaderna under livscykel.

Försök att samla in jämförbara och reliabla data har i England främst gjorts av the Building Maintenance Cost Information Service (BMCIS) under ledning av the Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS), jfr Dinwiddy (1980). I Västtyskland har t ex Muser och Drings (1977) utfört ett omfattande normarbete där byggnadens olika kostnader grupperas, erfarenhetsvärden och besparingsmöjligheter för olika kostnadsposter anges och en koppling till underhållsåtgärder och underhållsintervall visas.

Hur kalkyldata över mängder, drifttider, arbets- och materialkostnader för olika aktiviteter/kostnadsposter kan samlas in från befintliga kalkylverk eller hämtas från speciella datafiler visas av Söderberg m fl (1983). En mycket ingående beskrivning och analys av förvaltningskostnaderna inom Riksbyggen i syfte att bestämma olika kostnadssamband och skapa ett underlag för en löpande kostnadsstyrning har utförts av Senning (1985).

En marknadsöversikt visar att det finns ett stort antal allmänna kalkyldata tillgängliga för byggherrar och projektörer. I tabell 2 nedan nämns några, relaterade till olika detaljeringsnivåer, typer av kalkyldata för kalkylering av anskaffnings- och förvaltningskostnader, jfr Sundsvik (1984).

Tabell 2. Kalkyldata

KALKYLDATA	KOSTNADER	
	Anskaffning	Förvaltning
Verksamhet	—	REPAB:s förvaltningsfakta
Area- eller volym	Husbyggnads- kostnader (SPA)	SABO-statistik (bostäder) REPAB:s förvaltningsfakta HSB och Riksbyggen
Byggnad	Sektionsfakta (Wikells Byggbe- räkningar AB)	—
Byggdel	Byggmästarnas kostnadskalkylator (Svensk Byggtjänst) å-prislista måle- riarbeten (Olof Hagblom)	REPAB:s förvaltningsfakta SABO:s underhållsnorm Städkostnader (SPRI, KBS, Kommunförbundet)
Resurs	Maskin-, timkost- nads- och ackord- prislista (Bygg- entreprenörerna)	VA- och El-taxor

(Källa: Byggmästaren 10/84)

En komplettering av vanligt förekommande kalkyldata är t ex SCB:s Statistiska meddelanden "Energistatistik för flerbostadshus" och "Intäkts- och KostnadsUndersökningen (IKU) för flerbostadshus". Kostnadsdata för internt bruk finns bl a hos Byggnadsstyrelsens Kostnads- och Statistiksektion (KOS) och hos Sjukvårdens Planerings- och RationaliseringsInstitut (SPRI). Anvisningar om hur kostnadsstatistik kan sammanställas så att den blir jämförbar mellan olika projekt har t ex tagits fram av Brunskog (1983).

Generellt gäller att prisförändringar medför att det är svårt att hålla datainformationen aktuell. Det saknas dessutom data som gör det möjligt att utföra kalkyler i tidiga skeden av

projekteringsarbetet.

Resultatet av LCC-kalkyleringen beror på relevansen i indata. Oavsett klassifikationssystem, kalkylteknik och analysförfarande blir utfallet helt och hållet beroende av noggrannheten i indata. Enligt Flanagan (1984) så finns det för närvarande ej något standardiserat systematiskt förfarande vid insamling av relevanta kostnads- och utförandedata för befintliga byggnader.

### Kalkylelement

Beroende på de i byggnaden ingående komponenternas tekniska och ekonomiska livslängder och huruvida evig återanskaffning antas föreligga kan byggnadens livscykel i princip variera från ett tiotal år till oändligheten. Byggnadens varaktighet bestäms dock i praktiken av den bedömda användningstiden (brukstiden), jfr bl a Asztély (1973) och Forsaeus och Mattsson (1980).

Som grund för studier av livslängder hos material och komponenter ligger i huvudsak Bildmarks undersökning från 1954. På basis av Bildmarks varaktighetstabell har ett flertal förvaltare t ex SABO, Riksbyggen och HSB tagit fram tabeller som knyter an till det planerade underhållet, jfr t ex SABO:s underhållsnorm. Underhållsintervall anges ofta i tabeller tillsammans med livslängdsdata, jfr Byggnadsstyrelsen (1981).

Miljöaspekter, specifika materialkrav och säkerhet ur drift- och hållfasthetssynpunkt har stor betydelse för bedömningar av livslängder och underhållsintervall, jfr Söderberg m fl (1983). Livslängdsuppgifter är ofta framtagna ur intervjuer där svaren speglas av uppgifslämnarens arbetsmiljö och uppfattningar om underhållsstandard. Det är därför enligt bl a Mattsson och Söderberg (1983) önskvärt om alla livslängdsuppgifter anges som intervall med en åtföljande beskrivning av hur förhållandena är vid intervalllets undre respektive övre gräns.

Beroende på stora variationer i underhållsintervall är det omöjligt att ange ett precist värde för underhållscykeln. Det går ej heller att utläsa ifall de angivna värdena betecknar ekonomisk eller teknisk livslängd. Underhållsintervallen bör

således baseras på aktuella erfarenhetsvärden och anges med, beroende på åtgärd och periodicitet, lämplig spännvidd, jfr Lounela (1984).

Intervjuundersökningar har t ex genomförts i stor skala av Sjöström-Hedge (1982) och i mindre omfattning av Zetterberg (1983). I REPAB:s förvaltningsfakta anges de olika åtgärderna med tre olika underhållsintervall beroende på stora variationer i bl a ort, läge och verksamhet.

En definition av kalkylräntan är den minimiavkastning ett investeringsprojekt får ha för att icke de som satsat kapital i företaget skall bli missnöjda, jfr VVS Tekniska Föreningen (1980). Ett annat är att man kan se på kalkylräntan ur två olika synvinklar, dels som en kostnadsfaktor som återspeglar den uppföring som görs i och med att kapital binds i en investering, dels som en avkastningsfaktor som man väntar sig av investeringen eller den avkastning som man skulle erhålla om man placerade kapitalet i alternativa investeringar, jfr Honko (1977).

Kalkylräntans storlek påverkas av om hänsyn skall tas till skatt och inflation och huruvida relativa prisförändringar skall beaktas, jfr t ex Lundström (1980) och SOU 1982:1. Avkastningskravet varierar vidare beroende på finansieringsform. Detta föranleder att en vägd medelränta mellan lånat och eget kapital är att rekommendera jfr bl a Asztély (1973) och Rapp (1974).

Ett samband mellan förväntad inflation och aktuell räntenivå som bygger på att den förväntade realräntan hela tiden är 2% har formulerats av bl a Hansson (1977). Undersökningar av bank-, obligations-, försäkrings- och aktiesparande visar på en real avkastning på ca 2% medan energikommissionens arbeten baseras på en real diskonteringsränta på 4%, jfr regeringens proposition 1977/78:76 och Ståhl (1978).

Vid studier av den samhällsekonomiska diskonteringsräntan inom energiområdet har man funnit att det i Sverige saknas en enhetlig central rekommendation angående en samhällelig

diskonteringsränta. Vid en internationell jämförelse ser man vidare att den svenska realräntenivån ligger klart under övriga nordiska länders och att räntenivån i länder som Frankrike, USA och Canada är mer än dubbelt så hög som den svenska, jfr Rapp och Selmer (1980). En viss försiktighet bör dock vidtagas vid tolkningen av detta då andra länders räntenivåer kan grunda sig på beslut som avviker från svenska ekonomiska förhållanden och politiska ställningstaganden.

Diskussioner runt förräntningskravet och en användning av en lägre kalkylränta vid betalningar i framtiden, har förts av bl a Urien (1975). Detta anses dock ur teoretisk synpunkt vara olämpligt varför en direkt jämförelse mellan framtida underhållsutgifter istället är att föredra.

## 5.2 Kalkylmetoder

Under ett flertal år (1975-81) har ett relativt omfattande utrednings- och utvecklingsarbete bedrivits i syfte att utarbeta nya metoder för kostnadskalkylering och kostnadsstyrning för byggherrar och förvaltare. Arbetet genomfördes av det s k K-blocket och resultaten dokumenterades i en serie handböcker, FöreBygg, (1983-85), se t ex Fjällström m fl (1983), Söderberg m fl (1983) och Mattsson och Söderberg (1983). Denna serie föregicks av bl a rapporterna R23:1977 och R104:1980 som bågge utförligt behandlade årskostnadskalkylering i projekteringsstadiet, se Augustsson m fl (1977) och Forsaeus och Mattsson (1980).

K-blocket inhämtade erforderliga kostnadsdata från olika håll, t ex årskostnads- och underhållsdata från REPAB, referensdata från Jacobson och Widmark och byggdelsdata från Centralkonsult. Arbetet gav en klarare bild av byggprocessen och vilka kalkylmetoder som var användbara under de olika skedena.

För att man skall kunna följa utvecklingen av kostnaderna under hela byggprocessen är det viktigt att man vet vilken kvantitet och kvalitet som svarar mot varje kalkylpost.



Kalkyleringen består därvid av följande fyra steg:

1. Beräkna mängden.
2. Bedöma kostnaden per enhet.
3. Multiplicera mängd med enhetskostnad.
4. Summera kostnadsposterna.

En grov och mycket översiktlig indelning av projekteringsskedets kalkylmetoder kan, enligt K-blocket, se ut på följande sätt.

#### Programkalkyl, areakalkyl m m

Dessa kalkylmetoder baseras på erfarenhetsmaterial från tidigare utförda projekt.

Programkalkylen upprättas med hjälp av olika metoder på underlag av lokalprogram och programskisser. Metoderna bygger på erfarenhetsmaterial där projektets storlek baseras på en programarea som hämtas från en lokalförteckning. Bruttoarean beräknas genom att programarean multipliceras med en svällningsfaktor.

Vid kalkyleringen uttrycks ofta kostnaderna per kvadratmeter varför det är viktigt att kontrollera om kostnadsuppgifterna innehåller samtliga de kostnadsposter som ingår i anskaffningskostnaden. Andra viktiga aspekter är huruvida erfarenhetsmaterialets areor och volymer stämmer överens med det aktuella projektets och om programmet är komplett innan svällningsfaktorn används.

#### Referenskalkyl

Referenskalkyler utgår ifrån jämförelser med tidigare genomförda projekt men där även å-kostnader från aktuella byggdelar inhämtas.

Referenskalkyler baseras på objektsstatistik över projekt av samma slag som det aktuella projektet. I objektsstatistiken ingår uppgifter om mängder och å-kostnader. Vid kalkyleringen väljer man ett så likartat referensobjekt som möjligt. Mängder



och å-kostnader för bygg- och installationsdelar hos det aktuella projektet jämförs med motsvarande delar hos referensobjektet. Korrigeringar genomförs byggdelsvis och kostnaden för det aktuella projektet fås genom att referensprojektets kostnad korrigeras med summan av byggdelarnas korrigeringar.

### Byggdelskalkyl

I en byggdelskalkyl utnyttjar man aktuella kostnadsdata och sammansätter dessa till olika sammansatta nivåer.

När ritningar över projektet finns framtagna uppstår ett behov av kostnadsdata för olika bygg- och installationsdelar. Det kan t ex gälla vid en beräkning av den totala anskaffningskostnaden för att få en ökad detaljeringsgrad eller vid beräkning och val mellan olika alternativ. Syntetiska kostnadsdata för de i byggdelen ingående materialen och komponenterna inhämtas från databanker eller kalkylverk och en beräkning av byggdelskostnaden görs. För att kunna vidta ändringar under projekteringen är det viktigt att man skiljer på byggnadsanknutna och verksamhetsanknutna delar, vilket i sin tur medför att enhetliga mätregler måste finnas.

Byggdelsdata består av arbetsplatsens självkostnader och entreprenörarvodet och är i stort sett lika för byggherren och entreprenören. Under 1980-talet har dock utvecklingen gått dithän att kalkyleringen redan i tidigt projekteringsskede görs med avseende på den tänkta produkten med vissa inslag från program-, referens- och byggdelskalkylmetodiken sammankopplade i en och samma produktkalkyl, t ex hos Jacobson och Widmark och K-konsult, jfr Wermelin (1986).

## 5.3 Kalkylsystem

### Projektering

Både i de manuella och i de datorbaserade kalkylsystemen som finns på marknaden utförs kalkyleringen på byggdelsnivå utifrån byggdelsens ingående aktiviteter (recept). Ett grundläggande

arbete har utförts av bl a K-blocket i FöreBygg-serien, jfr Söderberg m fl (1983), Svensk Byggtjänst, jfr BSAB 83 och inom SBEF-projektet "Datorstödd byggstyrning", jfr Danielson (1986). K-blockets rekommendationer bygger på ett samspel mellan register och databanker över komponenter, byggdelar och byggbelopp. Med hjälp av koder och datakommandon erhålls därefter byggbelopp för de olika byggdelarna.

Vid Lunds Tekniska Högskola (LTH) har ett kalkylsystem för kalkylering och analys av byggbelopp (SYRE) tagits fram, jfr Söderberg (1984). Systemet är en utveckling av K-blockets rekommendationer och bygger på att man skapar en databank bestående av de tre ovan nämnda registren. Med systemet kan man hantera och analysera beloppsinformation på flera nivåer enligt en hierarkisk trädstruktur. Kalkylmetoden ger besked om byggdelarnas innehåll, belopp och mängder samt medger en möjlighet till successiva ändringar under projekteringsstadiet. Kalkylsystemet är dock ej direkt anpassat till BSAB-systemet.

En beskrivning av några olika kalkylsystem återfinns hos Wermelin (1986) och i "Programguide för byggbranschen 1985/86" finns en förteckning över marknadens program och system.

Ett kalkylsystem som redovisar sektionsskostnaden för en mängd sammansatta byggdelar, uppdelat i arbets- och materialkostnader, med procentpålägg för direkta och indirekta kostnader har tagits fram av Wikells Byggbereäkningar AB (Sektionsfakta 86/87).

I Centralkonsults (CK) kalkylsystem utförs kalkylarbetet med hjälp av byggbeloppsmatriser. Kalkylmetoden som är både snabb och detaljrik kan enligt CK ersätta både areakalkylen och produktionskalkylen. Tanken med matriserna är att projektör och kalkylator gemensamt kan välja det tekniska innehållet i de olika byggdelarna. Matrissystemet är ej flexibelt med avseende på ändringar av det tekniska innehållet i byggdelarna då kodspråket endast medger en redovisning av slutresultatet. Det är ej heller anpassat till BSAB-systemets kodstruktur.

Bygganalys har utvecklat en datorbaserad kalkyl som benämns BAS-kalkyl. Kalkylen redovisas på två olika nivåer, en byggbelopp- och

en komponentnivå. Kalkylen är nedbruten på materialnivå vilket medför att projektören kan styra valet av materialslag. Arbetsgången bygger på en databank över byggdelar med ingående komponenter och resurser. Byggdelarna uppmäts och en färdig kalkyl erhålls. Därefter korrigeras kalkylen genom att bl a priser och tider justeras. Slutligen bearbetas kalkylen manuellt varvid bl a de gemensamma kostnaderna fastställs. Datorn utnyttjas på ett lämpligt sätt då arbetsgången bygger på en sortering av byggdelar med hjälp av koder och på en detaljrik redovisning av kostnaderna.

Datorbaserade kalkylmetoder finns idag framtagna av ett flertal konsulter. Systemen är anpassade till PC-användning med kalkylelementen lagrade i en prispbok för byggdelar. Uppmätning och prissättning av kalkylelementen, regler för hur datorn skall räkna samt hur resultaten skall presenteras görs upp för en s k normalkalkyl. Kalkylarbetet och datahanteringen styrs av hur sorteringssystemet är uppbyggd med avseende på klassificering och kodning av de olika byggdelarna, se kapitel 6.1. Därefter görs systemen flexibla med avseende på olika typer av projekt genom att korrigeringar av olika data läggs in i systemet.

Kalkylsystem för kalkylering av kostnader på PC har tagits fram av bl a Wikells Byggberäkningar AB (Sektionsdata), AB Convergencia (Anbudskalkyl) och Byggtjänst-Data AB/K-Konsult (BD-kalkyl). System för kostnadsstyrning med hjälp av PC har tagits fram av bl a ON,LINE (Byggstyrning) och Hifab AB (Kostnadsstyrssystem).

Bostadsstyrelsen och Byggtjänst-Data har inlett ett samarbete för att utveckla ett datorbaserat byggkalkylsystem för låneberäkningar. Systemet skall utformas så att analyser över byggkostnadernas sammansättning kan göras. Systemet byggs upp av olika register med kostnaderna uppdelade på byggdelar och kostnadsslag.

### Förvaltning

Underhållsanalysens generella metodik består av följande huvudsteg, jfr bl a Lönn (1983) och Damen (1983).

- Registrering:** Klassificering och kodning av byggnader, bygghälsor och åtgärder.
- Besiktning:** Kartläggning av underhållsbehovet t ex värdering av utförande och skick, prioritering mellan åtgärder samt förslag till första åtgärdsår och angivande av intervalltal.
- Underhållsplan:** En sammanställning av register över t ex åtgärder, priser och intervaller kodade enligt vald struktur.

Underhållsplanen kompletteras med en reservplan för förväntade akuta åtgärder som ej kan tidplaneras i förväg och en underhållsbudget, som innehåller kostnaderna för samtliga planerade underhållsåtgärder med reserverade medel för klagomål och akuta händelser, ställs upp.

En definition av underhållssystem är, jfr Lönn (1983), planerade och systematiska metoder som i ett cykliskt förlopp syftar till att:

- vidmakthålla en given standardnivå.
- minimera kostnaderna över tiden.
- svara mot brukarnas krav på komfort och snabbhet.

Man kan särskilja fyra olika typer av underhållssystem:

- långtidsplanerat med år som kortaste intervall för byten av aggregat eller material.
- rondschemat för förebyggande åtgärder med vecka som kortaste intervall för tillsyn, smörjning och byten av komponenter t ex filter och kilrep.
- tillståndsbaserat som bygger på mätning, av vibrationer p g a slitage eller antal drifttimmar, och utförs ofta med automatiska eller känsliga instrument.
- avhjälpare som utförs akut efter felanmälan eller vid egna observationer.

Ett grundläggande kodsystäm för underhållsåtgärder bestående av 11 positioner för arbetsordernummer och arbetskostnad samt en

position, med alternativa underkoder, för underhållstyp, område, byggnadstyp, entreprenör och defekt har utvecklats av NBA (1979).

Enligt Pettitt (1983) bör specifikationen av underhållsåtgärder delas upp i fyra kolumner. I den första anges byggnadens olika byggdelar indelade i åtta huvudgrupper. I kolumn två kodas underhållsåtgärden med åtta siffror varav de två första tas från den ekonomiska redovisningen, de fyra nästkommande representerar den aktuella underhållsåtgärden varav två anger byggdelen och två underhållsaktiviteten. De två sista siffrorna anger kontraktskoden för fastigheten. I den tredje kolumnen specificeras underhållsåtgärden med ett direktiv som talar om hur man åtgärdar den aktuella defekten och i kolumn fyra anges den beräknade kostnaden för underhållsåtgärden.

I fortsättningen avhandlas dock endast långtidsplanerade periodiska underhållssystem. En ingående beskrivning av bl a Byggnadsstyrelsens, Svenska Riksbyggens och HSB:s underhållssystem med avseende på klassificering och strukturering av det periodiserade underhållet återfinns hos t ex Juvén (1973) och Senning (1982).

Pettitt menar också att datorbaserade system är en förutsättning för att underhållsplaneringens mål skall kunna förverkligas. En mängd datorbaserade system för drift och underhåll utvecklades också under 1970- och 1980-talen. En analys av systemen visar att de i grunden är lika och uppbyggda på följande sätt.

- ett fastighetsregister innehållande bl a objektkod, area och byggår.
- åtgärdsregister med BSAB-, AMA- eller annan kod, å-pris, enhet och eventuellt intervall och basår.
- besiktningsprotokoll med år för senast utfört arbete eller år för nästa åtgärd samt eventuell prioritet.

Datorn kalkylerar med hjälp av mängd och å-pris, knutet till respektive standardbeskrivning, fram kostnader för de olika åtgärderna. I en underhållsplan presenteras kostnaderna uträknade vid rätt tidpunkt. Sättet att ta ut informationen i en



underhållsplan varierar dock. Vissa system har fasta listvarianter för 1, 5 och 10 år medan andra är mer flexibla vad gäller sökningar beroende på om databassystemet är modernt eller ej.

När systemen är i bruk skapas en databank med information om bl a typ av underhållsaktivitet, periodicitet och kostnad för varje kodad åtgärd. I ett datorbaserat underhållssystem är det viktigt att alla åtgärder som kan inträffa under en byggnads livscykel kodas och specificeras. Systemen arbetar med underhållsplaner på olika nivåer (område, fastighet, prioriteringsgrupp, utrymme) och med kommentarer om förväntade akuta åtgärder. Systemen tillåter också att man väljer en översiktlig nivå baserad på paket av flera åtgärder.

Nedan följer en kort beskrivning av några system som bygger på den angivna metodiken och som har bidragit till att föra utvecklingen framåt. En del system har även konverterats till PC.

Ett kalkylsystem för planering-, budgetering- och uppföljning av byggnads- och installationsunderhåll utvecklades redan 1973 av Bengt Känngård AB. Kalkylsystemet, som benämns System-TEMP och är uppbyggt enligt ovanstående metodik, syftar till att vara användbart vid bedömning av vilka åtgärder som bör vidtas inom ett fastighetsbestånd.

Ett pionjärarbete har utförts av BPA/FortF. Utifrån en statistisk undersökning med data från kaserner har man i ett åtgärds paket t ex angett olika delmängders procentuella andel av en större angränsande åtgärd. Denna metodik har därefter anammats i bl a A-datas PUFF (Planerat Underhåll För Fastigheter) och VBB:s PLING samt på senare tid i HSB:s FONDA.

Ett femårigt planeringssystem för den tekniska förvaltningen med tyngdpunkt på underhållsarbeten har utarbetats av Byggnadsstyrelsen (1981). Systemet kallas MUPP (Mall för UnderhållsPlanering) och består av femåriga behovsplaner som fastställs på basis av en grundlig besiktning, behovsinventering och beräkning av mängder och priser. SABO har försökt att



relatera det invändiga underhållet till lägenheter. Ett system som togs fram var t ex DUNDER (1981), baserad på SABO:s underhållsnorm. Eftersom denna förnyas varje år med avseende på å-priser och intervaller erhålls alltid tidsaktuella kostnader.

Ett planerings- och upphandlingssystem för fastighetsunderhåll i syfte att förenkla, effektivisera och förbättra styrningen av fastighetsunderhållet på kort och lång sikt har utvecklats av Juvén m fl (1981). Juvén har t ex påpekat att BSAB-systemets struktur ej lämpar sig för underhållsplanering. REPAB har således i sitt underhållssystem använt ett kodsysteem som bättre tar hänsyn till underhållskostnadernas fördelning.

VIAK AB (1985) har i sitt system lagt in olika register i en databas. Med dessa indata kan sedan underhållsplaner tas fram för enstaka objekt och byggdelar för ett valfritt år eller som budgetsammandrag fördelade per fastighet eller åtgärdsgrupp. Datasystemet är flexibelt med avseende på slutanvändarens möjlighet att välja den information som han med datorns hjälp vill få presenterad. Liknande systemstrukturer återfinns i A-datas system och i ett norskt system, jfr Stang (1984).

Med utgångspunkt från systematiska metoder för ökad samordning och effektivitet inom fastighetsförvaltningen har Nyberg (1986) försökt införa ett datorssystem som beaktar och visar vilken betydelse en väl utvecklad informationshantering i fastighetsförvaltningen har. Osäkerheten i ränte- och kostnadsutveckling och det faktum att nya och beständigare material med andra livslängdsdata tas fram medför dock att de alltmer detaljerade underhållsplanerna ofta måste revideras.

Det intressanta i detta sammanhang är att vissa system faktiskt är baserade på BSAB-systemet medan andra innehåller AMA-kod som en upplysning till entreprenören som skall utföra underhållsarbetet. Det torde därmed finnas en grund för att integrera kalkylerna i projekteringsskedet med underhållsplanen till en under olika skeden av byggprocessen användbar årskostnadskalkyl.

### III LCC-MODELL

#### 6 METODOLOGISK UTGÅNGSPUNKT

##### 6.1 Klassifikationssystematik

#### Informationshantering

Under 1960-talet utarbetade samarbetskommittén för byggnadsfrågor ett registreringssystem för byggnadsvaror (SfB-systemet). Systemet bestod av tre grundindelningar byggvaru-, material- och byggnadsdelsindelning.

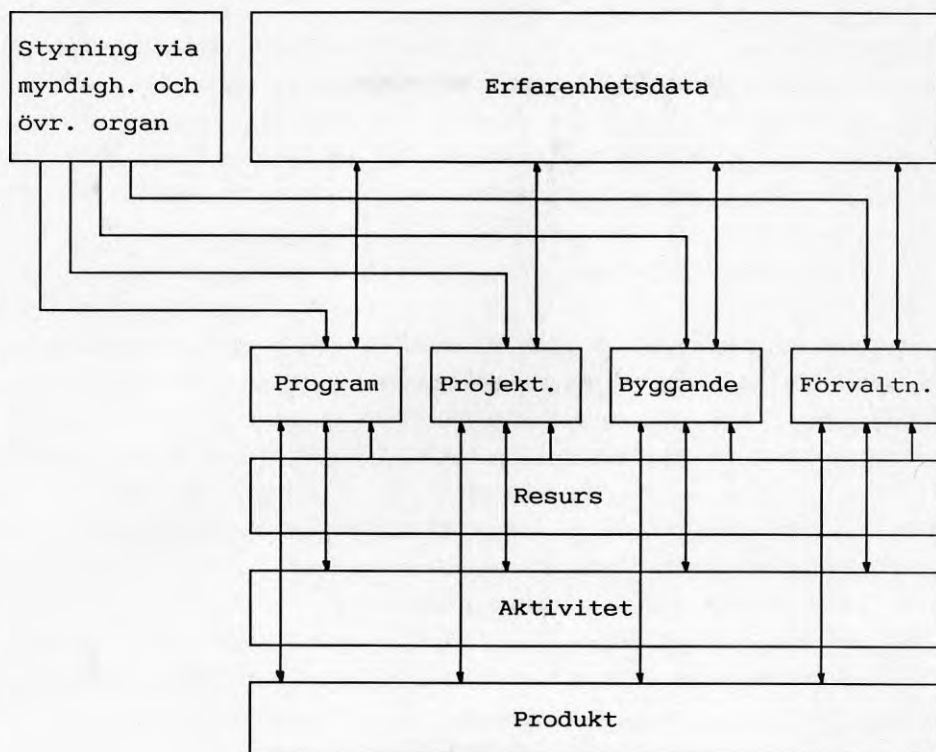
SfB-systemet skapades i huvudsak med tanke på produktion av hus. Det fanns dock möjligheter att klassificera de underhållsarbeten vars utförande kan jämföras med nyproduktion. Det som främst saknades var en grövre nivå, t ex lokaler, att hänföra underhållsarbetet till, jfr Karlén (1979).

Den s k 5-företagsgruppen utarbetade 1970 ett förslag över hur ett informationssystem för byggprocessen borde se ut. En huvudprincip var att informationssystemet delades upp i delarna resurs, aktivitet och produkt.

Med ledning av dessa principer påbörjades 1970 ett utvecklingsarbete i syfte att skapa ett hanteringssystem för information som underlättar samordningen mellan olika dokument i byggprocessen. Arbetet gick under namnet "System 70" och bedrevs av Byggandets Samordning AB (BSAB). Arbetet bestod i första hand av att ordna upp informationen om tekniska produktdelar i syfte att åstadkomma en praktisk indelning av produkten/byggnadsverket.

I BSAB-systemets första utgåva från 1972 finns det en resurstabell baserad på SfB-systemets varutabell. BSAB-språket gav en entydig information till alla inblandade parter i bebyggelseprocessen genom att de olika företeelserna inordnades

i huvuduppdelningen produkt, resurs och aktivitet, se fig 3.



Figur 3. Byggprocessen (Källa: BSAB-systemet 1972)

En annan tes i utvecklingsarbetet var att ett totalt system består av ett antal delsystem. Från BSAB:s sida var tanken att dessa delsystem skall omfatta såväl byggmästeri som mark och installationer samt vara användbart vid både nybyggnad och förvaltning, jfr BSAB (1972) och Greger m fl (1973).

BSAB-systemets produktklassificeringstabeller är hjälpmedel för att ordna teknisk och ekonomisk information i olika dokument och databaser. Det finns två produktklassificeringstabeller framtagna, produkttabell 1 och 2. Produkttabell 1 är i huvudsak indelad efter produktdelarnas materiella innehåll. Den används för klassificering av t ex konstruktioner och monterade apparater. Produkttabell 2 har produktens tekniska funktion som huvudsakliga indelningsgrund och används för att klassificera

anläggningsdelar, byggdelar och installationssystem.  
Klassificeringsbegreppen i tabellen är materialanonyma.

Produkttabellerna används för att koda projektdokument, t ex beskrivningar, ritningar, mängdförteckningar, kalkyler m m. De används också för att ordna innehållet i projektanknutna dokument, t ex AMA med tillhörande råd och anvisningar. AMA, som är en förkortning av Allmän Material- och Arbetsbeskrivning, är ett referensdokument som används vid upprättande av beskrivningar och vid utförande av avtalade bygg- och installationsarbeten. AMA är hjälpmedel att förenkla arbetet med att formulera krav på kvaliteten hos den färdiga produkten och dess delar, jfr BSAB (1972) och Wermelin (1986). De olika dokumenten i byggprocessen struktureras således enhetligt med hjälp av produktklassificeringstabellerna.

Inom BFR:s projektblock för kostnadskalkylering och kostnadsstyrning (K-blocket) upprättades nya klassifikationsstrukturer och kontoplaner för byggprojekt som inte byggde på 1972 års BSAB-system. Även inom SBEF:s projekt "Datorstödd byggstyrning" började byggentreprenörerna utveckla en egen byggdelstabell som skilde sig från BSAB-systemet.

Många av byggherrarna anser att husets uppdelning i byggdelar bör vara funktionsorienterad medan entreprenörerna förespråkar en produktionsorienterad uppdelning. För att undvika att olika byggintressenter använder sig av olika klassifikationsstrukturer tog Svensk Byggtjänst 1983 initiativet till en utveckling av en ny branschgemensam byggdelstabell för huvudgruppen Hus. Syftet var att försöka tillgodose både byggherrarnas och byggentreprenörernas krav och behov.

Ett informationshanteringssystem har t ex skissats i den sktumstocken. Det innebär att byggprocessen betraktas som en spegel där planerad och verklig resursanvändning ställs mot varandra. I planeringsstadiet bestäms produktens tänkta utformning med avseende på lokaler, byggdelar och produktionsdelar och i produktions- och förvaltningsskedet studeras det faktiska utfallet av produktion, drift och underhåll med avseende på de i produkten framställda lokalerna,

byggdelarna och produktionsdelarna, jfr Danielson (1986).

Byggdelstabellens indelning i BSAB-systemets generation från 1983 knyter därför an till ett normalt husbyggnadsförlopp där varje byggdel omfattar en från skedes- och funktionssynpunkt avgränsad påbyggnad. Tabellens indelning är således produktionsorienterad men med de olika byggdelarna avgränsade från varandra ur funktionssynpunkt. Byggdelstabellen är ett led i ett utvecklingsarbete för att nå ett branschgemensamt system för hantering av projektinformation genom hela byggprocessen från program- till förvaltningsskedet. Principen är att systemet skall byggas upp flexibelt så att olika delar kan ersättas när nya krav uppstår.

Produktdels- och byggdelstabellen för huvudgruppen Hus har därvid utformats så att den kan användas av både byggherrar och entreprenörer, se bilaga 1. Byggdelstabellen ingår nämligen som stomme i byggentreprenörernas byggdelstabell varvid utrymmen har reserverats för specifika delbranschtillämpningar, som i detta fall entreprenörtillämpningar, jfr Karlsson (1986), Wermelin (1986) och Svensk Byggtjänst (1987).

#### Kodning

År 1972 publicerade the Department of the Environment (D.O.E.) den slutliga rapporten från the Committee on Building Maintenance, som tillsattes 1965 av the Minister of Public Building and Works. Arbetet i kommittén inriktades mot underhållsproblem av byggnader inklusive förhållandet mellan projektering och underhåll. Rekommendationer och förslag gavs därvid om hur kunskapen inom förvaltningsområdet skulle spridas, hur prioriterade forsknings- och utvecklingsområden skulle identifieras och vilka studier som var angelägna att utföra, jfr Pettitt (1983).

D.O.E. bygger därvid upp ett klassifikationssystem utifrån fyra andra kodsystém. Från den grövsta detaljeringsnivån är dessa i tur och ordning: standardsystemet Ci/SfB, kostnads- och planeringssystemet BCIS, som används vid kostnadsuppföljning av the Building Cost Information Service, kodsystém BMCIS, som



används av the Building Maintenance Cost Information Service samt det i England och Wales föreslagna kodsystemet WP av the Working Party från 1964, jfr Gow (1983).

The Comité Européen des Economistes de la Construction (CEECE) har sedan 1979 arbetat med att utveckla gemensamma riktlinjer i syfte att kunna jämföra byggnadskostnaderna mellan olika länder. Ett dokument i vilket man kan överföra information mellan olika befintliga informationssystem och beräkna kostnaderna för olika byggelement har därför skapats. Element definieras därvid som en del av en byggnad som ej ändrar sin funktion oavsett utformning eller kravspecifikation.

Dokumentet, som innehåller en lista av byggelement, har fått sin utformning genom att tre existerande system, "Standard Form of Cost Analysis" från England, "National Standard Building Elements", baserat på SfB-systemet, från Irland och "Prevision et Maitrise" från Frankrike, har kombinerats med avseende på en allmängiltig struktur. Avsikten är att kostnaderna beräknas och fördelas på de olika delaktiviteterna inom varje element var för sig innan en summering av byggelement företas, jfr Drake och Mc Donagh (1984).

Klassificering av ett byggnadsobjekts delar och aktiviteter genom att relatera kodningen till det internationella klassifikationssystemet Ci/SfB har utförts av Gosselin (1984). Systemet byggs upp med utgångspunkt från byggnadens funktionella element i en hierarki med fyra olika nivåer. Tanken bakom strukturen är att byggnadens samtliga kostnader skall kunna kalkyleras på ett logiskt sätt oberoende av byggnadstyp eller vilka förutsättningar som gäller.

#### Redovisning

För att få fram erforderliga ekonomiska rapporter behövs det ett ordnat system för redovisning av penningflödet och övriga ekonomiska transaktioner som påverkar ett företags ekonomiska ställning och resultat. Detta sker med hjälp av en kontoplan som normalt är indelad i olika sk kontoklasser. Kontoklasserna delas in i kontogrupper och dessa i sin tur i konton och



eventuella underkonton. Kontoplanens syfte är att på ett systematiskt, överskådligt och enkelt sätt få fram en ändamålsenlig redovisning, jfr Handboken Bygg, Ekonomi och förvaltning (1981).

Sveriges Allmännyttiga Bostadsföretag (SABO) har utarbetat en kontoplan för ekonomisk redovisning som är uppbyggd efter principen kontoklass, grupp, konto och underkonto. Till grund för SABO:s normalkontoplan ligger Mekanförbundets normalkontoplan (M-planen).

I anslutning till det förvaltande företagets ekonomisystem behövs det ett klassifikationssystem för aktiviteter inom förvaltningen. SABO:s kontoplan för ekonomisk redovisning tar även hänsyn till underhålllets redovisning. Nedanstående exempel visar hur fastighetsförvaltningens kostnader underindelas i kontoklass 6.

Kontoklass: 6 Fastighetsförvaltningen, redovisade kostnader  
 Grupp: 62 Underhållskostnader, periodiska  
 Konto: 624 Golvarbeten  
 Underkonto: 6242 Parkett

Det finns ytterligare två sifferpositioner (5 och 6) som används för att ange platsen, d v s den byggnadsdel eller den lokal vartill arbetet skall hänföras.

Företagens redovisningssystem är i allmänhet datorbaserade varvid registrering, lagring, bearbetning och rapportering av data görs med hjälp av kodplaner och menystyrda programpaket.

## 6.2 Kalkylmodeller

Kalkylmodeller för byggnader och delar av en byggnad har varit föremål för forskningsinsatser under de senaste 20 åren. Målet är att byggnadsekonomer skall kunna ge projektörer snabba kostnadsråd vid de tillfällen då projektörerna så önskar. Förespråkarna för kostnadsmodeller bygger den framlagda teorin på att modellerna snabbt kan ge svar vid olika krav och önskemål. Detta gör det möjligt att företa en kostnadsplanering

under varje skede av projekteringsarbetet, jfr Kelly (1984).

Vid konstruktion av kalkylmodeller skiljer man på två olika tekniker, deduktiv och induktiv. Deduktiva metoder är generella metoder där man utifrån allmänna lagar sluter sig till det enskilda fallet. Det innebär att en logisk analys av kostnadsdata knyts samman med specifikt bestämda variabler från matematiskt härledda uttryck, t ex regressionsanalys. Induktiva metoder är individuella till sin karaktär. Det innebär att man utifrån faktisk kunskap om ett speciellt fall försöker sluta sig till allmänt generella lagar, t ex genom att med känslighetsanalyser och simuleringar studera de i en modell ingående parametrarnas utfall.

En LCC-modell där kalkylarbetet delas in i tre skeden, Life Cycle Cost Analys (LCCA), Life Cycle Cost Planning (LCCP) och Life Cycle Cost Management (LCCM) har utformats av Flanagan och Norman (1983). Data från de olika kostnadsslagen grupperas i olika nivåer enligt en hierarkisk trädstruktur. I det första skedet (LCCA) görs en analys av grundförutsättningarna på basis av liknande objekt. I skede två (LCCP) görs mängdberäkningar, energianalyser och antaganden om värden på de ingående parametrarna. En LCC-plan ställs upp och kostnaderna under livscykeln beräknas och uttrycks i nuvärden och årskostnader. I det tredje skedet (LCCM) läggs kapitalkostnaderna in och planen modifieras. Rutiner för insamling av driftdata fastställs, underhållsprogram och skatteeffekter bakas in och en återföring till skede ett görs.

Kalkylarbetet utförs enligt systemstrukturen i de olika skedena. I en slutlig LCC-plan redovisas det totala nuvärdet och årskostnaden för olika alternativ med delkostnaderna på de olika nivåerna angivna under respektive kostnadsslag. LCC-modellen består av fyra huvuddelar kalkyldata, olika LCC-tekniker, ett system som kopplar samman data och tekniker samt utdata i den form som önskas med hänsyn till syfte och kalkylskede.

Modellens viktigaste egenskaper är att den:

- jämför anskaffningskostnader med förvaltningskostnader.

- beräknar de totala kostnaderna för vad som hänt, vad som händer och vad som skall hända.
- fyller luckan mellan projekteringsskedet och bruksstadiet.
- samlar informationen på ett sätt som medför att förändringar och uppföljningar kan vidtas.
- strukturerar data i hierarkiska nivåer.
- behandlar de totala kostnaderna på ett enkelt och överskådligt sätt.

En Building Space/Quality-modell (BSQ-modell) där projektörer och brukare kan utvärdera kostnadskonsekvenserna för olika alternativ för att tillgodose rumskraven vid olika rumsstandard och för varierande kvalitetsnivåer har konstruerats av Orshan (1984). Modellen utformas som en matris med 12 olika kombinationer av rum och kvalitetsaspekter. Modellen producerar en total LCC för valt alternativ i fyra på varandra följande steg.

1. Space Geometry Model (SGM) (rumsbeskrivning, geometrisk profil)
2. Space Quality Model (SQM) (kodstruktur, kvalitetsnivå, åtgärd, livslängd, kvantiteter)
3. Cost Model (CM) (enhetspriser, anskaffnings- och förvaltningskostnader)
4. Economic Model (EM) (inflation, ränta, PV, årskostnader)

Indata till modellen kan erhållas från tre olika nivåer beroende på hur detaljerad information som önskas.

Ett datorbaserat kalkylsystem (LIFE) har utformats av Russell m fl (1984). Systemet byggs upp utifrån en LCC-modell och ingår som en del i ett CAD (Computer Aided Design)-system. Modellen utgår från en trädstruktur med fyra olika nivåer i ett hierarkiskt system. Livscykelkostnaderna kan därmed beräknas för komponenter, delsystem och det totala systemet. Summan av komponenternas kostnader räknas om till nuvärden och LCC uttrycks som en funktion av det tekniska innehållet inkluderande bl a underhållsstrategi och finansieringsvillkor. Modellen är t ex användbar vid jämförelser mellan olika alternativ med avseende på lägsta totala LCC, vid simuleringar, vid värdering

av olika kostnader och vid en bedömning av den tekniska och ekonomiska utvecklingen.

Öfverholm (1984), har utarbetat en modell i vilken LCC presenteras i en matris bestående av kostnadsslag och livscykelns längd. Kostnaderna presenteras först i form av cash flows i en modermatris. Genom att multiplicera modermatrisen med en omvandlingsmatris erhålls en resultatmatris för LCC med nuvärden. Totalvärdet av resultatmatrisen är lika med investeringskostnaden plus nuvärdet av följdkostnaderna.

Modellen ger en systematisk redovisning av kostnaderna under livscykeln och är användbar vid en jämförelse mellan olika projekteringsalternativ. Betydelsen av att presentera kostnaderna i en modermatris framkommer t ex vid en tillämpning av alternativa räntesatser.

Bon (1988) har utvecklat en s k Replacement Simulation Model (RSM-modell) i vilken man med hjälp av känslighetsanalyser och simuleringar kan beräkna de totala utbyteskostnaderna för en byggnad. Byggnaden antas bestå av ett antal delsystem innehållande indata, underhållsintervall och underhållskostnader strukturerade i matrisform. Syftet med modellen är därvid att, utifrån alternativa underhållsscenarier och med utgångspunkt från förutsedda underhållscykler, kunna beräkna de framtida utbyteskostnaderna

## 7        MODELLUPPBYGGNAD

### 7.1      Systemstruktur

För att uppnå en styrning av kostnaderna d v s en medveten påverkan på produktens utformning, i syfte att nå ett önskat förhållande mellan värde/nytta och kostnaderna kan man t ex utgå från Anthonys (1965) indelning av ett företags informationssystem i strategiska, taktiska och operativa nivåer.

På den strategiska nivån tas beslut om verksamhetens mål, förändringar av dessa och vilka resurser som behövs för att uppnå målen. På den taktiska nivån tas beslut om anskaffning av



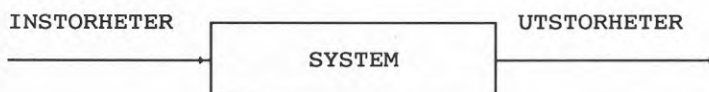


De i systemet ingående elementen och komponenterna definieras enligt följande:

System: En mängd komponenter och relationer mellan dessa.  
 Delsystem: System med komponenter på lägre systemnivåer som tillsammans utgör det reella systemet.  
 Systemnivå: Hierarkisk systemstruktur med system och delsystem.  
 Systemmiljö: Systemets omvärld.  
 Reellt system: Objektet för en systemstudie.  
 Modell: Avbildningen av detta objekt.

Systemet och dess delsystem påverkas av en rad faktorer. Eftersom det i denna studie varken är möjligt eller önskvärt att betrakta systemets omvärld avgränsas systemet gentemot den omgivande systemmiljön, se kapitel 7.2.

Systemet påverkas utifrån på olika sätt. Denna påverkan benämns instorheter eller insignaler till systemet. Systemets påverkan och beteende gentemot omgivningen kallas utstorheter eller utsignaler, se figur 5.

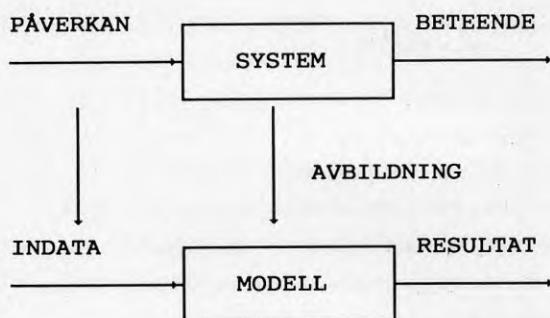


Figur 5. Systempåverkan (Källa: Gustafsson m fl 1982)

Systemet klassificeras därvid som ett öppet system utan några tidsfördröjningar, dämpningar eller återkopplingar mellan in- och utstorheternas påverkan respektive utfall.

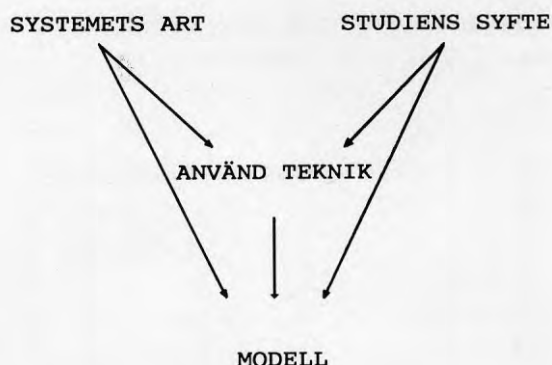
Det reella systemet utgör den del av verkligheten som skall åskådliggöras i en tänkt modellavbildning av systemet. Modellen avser därvid att avbilda de för syftet väsentliga egenskaperna hos systemet. Tanken är att modellen skall likna den verklighet som den beskriver på ett sådant sätt att de slutsatser som modellen genererar skall vara giltiga för systemet i stort. Sambandet mellan system och modell visas i figur 6.





Figur 6. System och modell (Källa: Gustafsson m fl 1982)

Utseendet hos modellen bestäms främst av systemets art, studiens syfte och den teknik som används, se fig 7.



Figur 7. Modellutformning (Källa: Gustafsson m fl 1982)

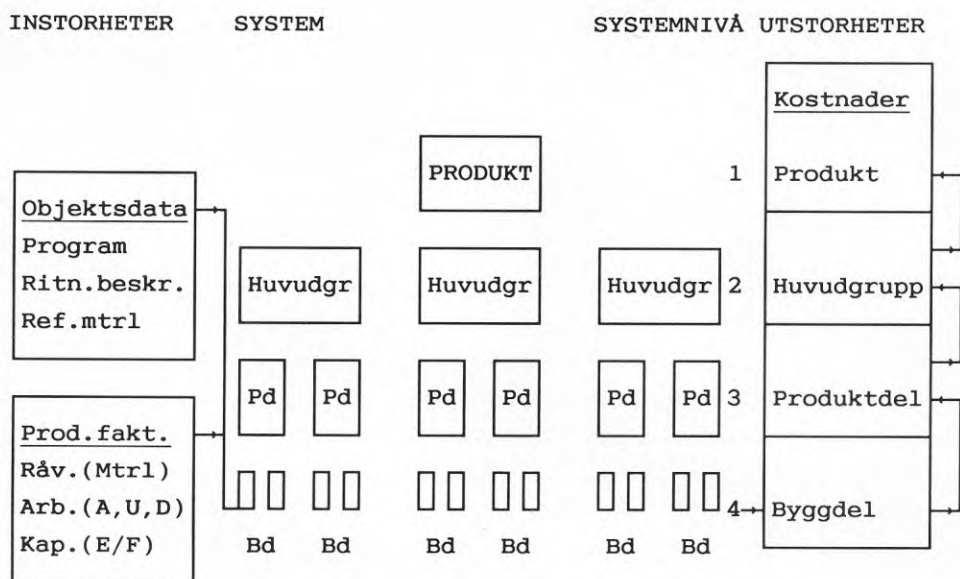
Vid struktureringen och uppbyggnaden av modellen behövs en viss teknik. Antingen använder man sig av en teknik där man utgår från systemets minsta beståndsdelar och successivt arbetar sig upp till en allt högre nivå. Alternativt börjar man med en grov beskrivning för att efter hand närma sig en nivå med detaljerade delar. I denna studie har företrädesvis en s k bottom-up teknik använts, jfr Gustafsson m fl (1982).

Strukturen hos modellen är uppbyggd så att kostnadsutfallen för de olika delsystemen inom varje nivå summeras ihop och blir systemkomponenter på en högre nivå där en ny summering sker

tills man når systemnivå 1. De olika delsystemen benämns och definieras enligt följande:

- Produkt:** Det studerade objektets överordnade system på den högsta nivån, systemnivå 1.
- Huvudgrupp:** Delsystem till produkten på systemnivå 2.  
Huvudgrupperna är tio till antalet varav Mark, Hus och El är tre av dessa.
- Produktdel:** Delsystem till huvudgrupperna på systemnivå 3.  
Varje huvudgrupp har tio underordnade produktdelar. För t ex huvudgrupp 3 Hus är husstomme och ytterväggar två av produktdelarna.
- Byggdel:** Delsystem till produktdelarna på systemnivå 4.  
Under varje produktdel finns tio byggdelar. Produktdelen rumsbildning har t ex undergolv och innertak som byggdelar.

Hur modellen med dess systemkomponenter och delsystem är uppbyggd visas i fig 8.



Figur 8. Modelluppbyggnad

På den fjärde och lägsta nivån (systemnivå 4) återfinns bostadsfastighetens byggdelar. Nästa nivå (systemnivå 3) består av delsystem med produktdelar vars komponenter utgörs av byggdelar. På liknande sätt är produktdelarna systemkomponenter på systemnivå 2 där delsystemen är de tio huvudgrupperna. Dessa är slutligen komponenter på den högsta nivån (systemnivå 1) där systemet utgörs av hela produkten (bostadsfastigheten). Den yttre påverkan ger dels effekter på delsystemen inom samma nivå, dels till närmast överliggande nivå, jfr Juvén (1973) och Forsaeus och Mattsson (1980).

LCC-modellen utformas med hänsyn till kalkylkraven, se kapitel 3.2, och är en avbildning av det öppna systemets systemstruktur med delsystem på olika nivåer. Byggdelarna (systemnivå 4) kodas med tresiffriga tal. För att en byggdel skall vara entydigt bestämd erfordras det att tillhörande produktdel och huvudgrupp på systemnivåerna 2 och 3 har definierats. Produktdelarna och huvudgrupperna tilldelas två- respektive ensiffriga beteckningar medan produkten betecknas med romerska siffror, jfr BSAB (1983), enligt följande:

Byggdel ( $Bd_i$ ),	$i = 000-999$
Produkt del ( $Pd_j$ ),	$j = 00- 99$
Huvudgrupp ( $Hg_k$ ),	$k = 0- 9$
Produkt ( $P_l$ ),	$l = I-III$

där

I-III beror på vilken typ av objekt som företaget äger och förvaltar.

Modellens struktur anpassas till produkttabell 2 i BSAB-systemets generation från 1983, se bilaga 1. I figur 9 nämns de huvudgrupper som ingår i P2-tabellen.

0 Sammansatt	5 VVS- och kylsystem
1 Markanläggningar	6 Elanläggningar
2 Reserverad	7 Transportanläggningar
3 Hus	8 Styr- och övervakningssystem
4 Reserverad	9 Övrigt

Figur 9. BSAB-systemets P2-tabell (Källa: Svensk Byggtjänst 1987)

En viss tveksamhet i gränsdragningen råder mellan huvudgrupperna 5 VVS- och kylsystem och 6 Elanläggningar. Det gäller framförallt beträffande olika elbaserade uppvärmningssystem. En omarbetning av VVS-grupperingen är således ett angeläget arbetsområde inför 1995 års generation av BSAB-systemets P2-tabell.

För att täcka in övriga projektkostnader görs en koppling till K-blockets generella kontoplan. De aktuella grupperna är därvid 1 Projektfinansiering, 2 Projektledning, projektadministration, projektering, 3 Markförvärv, 7 Inredning, utrustning, processinstallationer och 9 Ofördelade/gemensamma kostnader, se bilaga 2.

De huvudgrupper i BSAB-systemets P2-tabell som täcks med de kostnadsslag (kostnadsposter) som inryms i K-blockets förslag till kontoplan är 0 Sammansatt, 4 Reserverad och 9 Övrigt.

Grupp 0 benämns Projektering, grupp 4 Inredning, utrustning, processinstallationer och grupp 9 Ofördelade/gemensamma kostnader. Grupperna består av de aktiviteter vars kostnader ej finns representerade inom övriga produktdelar och huvudgrupper.

De kostnadsposter som är gemensamma för hela byggnaden och ej består av några aktiviteter eller åtgärder som går att fördela på någon speciell byggdel t ex projektering och administration,

betraktas som produktdelar direkt. Kostnaderna för dessa aktiviteter tillhör ett enda kostnadsslag, jfr Handboken Bygg (1981), Hultman (1981) och Mattsson och Söderberg (1983). Således existerar det ej några delsystem på nivå 4 i form av bygghälsdelar för ett flertal av de kostnadsposter som ingår i huvudgrupperna 0, 4 och 9, jfr Wermelin (1986) och Svensk Byggtjänst (1987).

Huvudgrupperna 0, 4 och 9 får följande produktdehsindelning.

#### 0 Projektering

00 —

01 Projektledning

02 Tomträttsavgäld, arrenden, avgifter

03 Projekteringsledning

04 Projektering

05 Markförvärv

06 Evakuering

07 Rivning

08 Platskontroll

09 Särskilda kostnader

#### 4 Inredning, utrustning, processinstallationer

40 —

41 Bygginredning, byggsnickeri

42 Inredning/utrustning - ej egentlig industri

43 Inredning/utrustning - servicefunktioner

44 Inredning/utrustning - industri, produktion

45 Inredning/utrustning - processkonstruktioner

46 —

47 —

48 Inredning/utrustning - lös egendom

49 Ofördelat, gemensamt



## 9 Ofördelade/gemensamma kostnader

90 —

91 Administration

92 Fastighetsskatt

93 Försäkring

94 Avfallshantering

95 —

96 Budgetreserv

97 —

98 —

99 Särskilda kostnader

Varje aktivitet anges med en sexsiffrig kod. De tre första positionerna anger entydigt huvudgrupp, produkt-del och byggdel enligt BSAB-systemets P2-tabell. De tre återstående positionerna används för att särskilja olika komponentalternativ inom samma byggdel. Därefter ges en kort beskrivning av den aktuella aktiviteten eller åtgärden åtföljt av mängd-, tids- och kostnadsdata.

Ur redovisnings- och kostnadstäckningssynpunkt delas de olika byggdelarna upp på två skilda kostnadsställen. Det ena har med byggnadens utformning att göra (basbyggnadsdelen) och det andra inrymmer dess verksamhet (lokalbyggnadsdelen). Det sistnämnda delas i sin tur in i två underavdelningar, lägenheter respektive gemensamma utrymmen, jfr Byggnadsstyrelsen (1969), Handboken Bygg (1981) och Hultman (1981).

Uppdelningen på olika kostnadsställen syns redovisningsmässigt på produkt-delnivån. Uppdelningen görs för att särskilja kostnader för åtgärder och aktiviteter som de boende kan påverka, från icke påverkbara kostnader. Till basbyggnadsdelen förs t ex de byggdelskomponenter som ingår i husstommen, yttertaket och ytterväggarna medan lokaldelen innefattar ett flertal av de komponenter som ingår i byggdelarna under rumsbildning och invändiga ytskikt och rumskompletteringar.

## 7.2 Systemavgränsning

Systemet avgränsas gentemot den omgivande systemmiljön på det sätt som bostadsfastighetens utformning och värde påverkas av olika samhällsorgan och byggintressenter. Varje bostadsfastighet betraktas därvid som en anläggningstillgång med lång varaktighet där störningar och avvikelser rättas till inom fastigheten.

Vid val av komponenter, beräkning av de totala livscykelkostnaderna och täckning av kostnaderna påverkas systemet av hur produktionsfaktorerna råvaror (material, komponenter), arbete (anskaffning, underhåll, drift) och kapital (eget, främmande) tillhandahålles.

Systemets aktuella projektdata, t ex mängder och å-priser, påverkas bl a av beställarens programkrav och på vilket sätt som byggherren och de olika konsulterna genomför projekteringsarbetet. Ritningar och tekniska beskrivningar, upprättade efter AMA och ordnade efter BSAB-systemets produkttabeller, samt analys- och syntesdata från referensobjekt bildar underlag för hur byggnaden skall utformas.

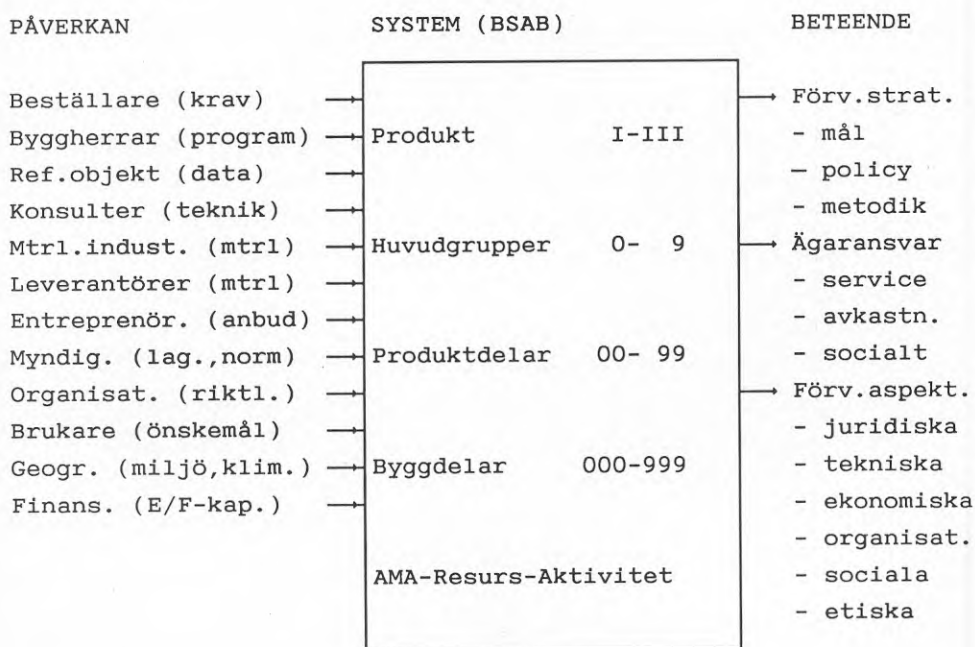
Faktorer som inverkar är t ex önskemål från brukare, krav från myndigheter, normer och lagar samt miljö- och klimatförhållanden. Systemet påverkas vidare av entreprenörer, leverantörer och materialtillverkare med avseende på bl a utförande och teknisk kvalitet. En övergripande inverkan på byggnadsobjektets slutliga utformning har ekonomin med avseende på finansieringsform och kapitaltillgång.

Under förvaltningsskedet genererar fastigheten ett beteende som beror av bl a förvaltningsstrategi, ägaransvar och olika typer av förvaltningsaspekter, se kapitel 3.1. Det kan t ex gälla olika mål och policyfrågor samt ägarens serviceansvar gentemot de boende. Vidare hur den juridiska lagstiftningen ser ut och hur totalekonomin påverkas av ett kvalitetsinriktat val av komponenter och byggdelar ur drift- och underhållssynpunkt.

Vidare tillkommer sociala och etiska aspekter och de boendes möjligheter till inflytande på bl a de organisatoriska förvaltningsfrågorna. Det förvaltande företaget har ofta ett flertal fastigheter inom sitt område samt dessutom flera områden.

I figur 10 visas hur systemet avgränsas från sin omgivning. Systemmiljön beskrivs dels med de instorheter som antas påverka systemet, dels med det beteende eller den påverkan som systemet i sin tur har på omgivningen.

SYSTEM: Öppet



Figur 10. Systemets omgivning

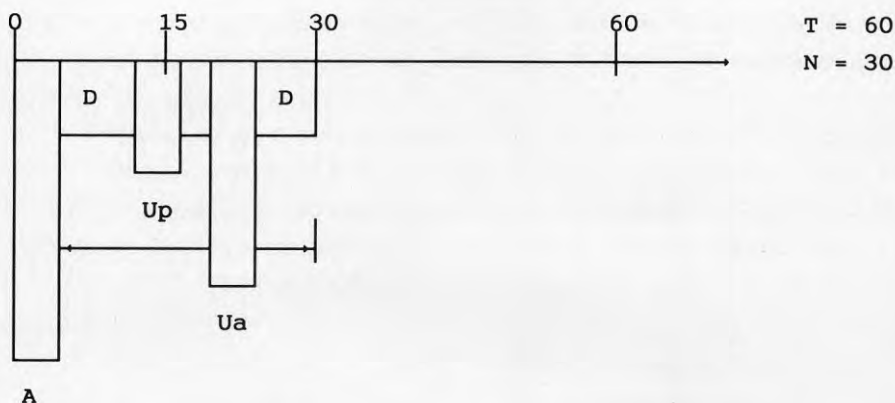
## 8 BERÄKNINGSMETODIK

### 8.1 Kalkyleringssystematik

#### Kostnadsslag och tidsintervall

Vad de olika kostnadsslagen omfattar för aktiviteter och åtgärder, vilka delkostnader som inkluderas och hur de olika aktiviteterna och åtgärderna periodiseras förklaras nedan, jfr Forsaeus och Mattsson (1980) och Bröchner (1988). Livslängden, som anger den bedömda användningstiden för de i byggdelen ingående komponenterna, sätts enligt förvaltningsstrategin lika med den tekniska livslängden. Denna definieras därvid som kostnadsoptimal användningstid, se kapitel 4.1.

I figur 11 visas, med hjälp av en tidsaxel hur de olika kostnaderna för en komponent ( $N = 30$ ) kan tänkas infalla under bostadsfastighetens livscykel ( $T = 60$ ). Det avhjälpande underhållet ( $U_a$ ) antas kunna inträffa när som helst under komponentens livslängd ( $N$ ).



Figur 11. Kostnadsslag och tidsintervall

#### Anskaffning

Anskaffning definieras som ny- och ersättningsinvesteringar av komponenter under en byggnads livscykel, se kapitel 4.1.

Anskaffning av komponenter och material till de olika bygghelena görs vid produktionsstartpunkten ( $t = 0$ ). Komponenternas olika livslängder kan vara längre, lika med eller kortare än bygghelens brukstid.

För de komponenter vars livslängd är kortare än bygghelens brukstid görs kontinuerliga ersättningsinvesteringar (återanskaffningar) enligt i förväg bestämda tidsintervall. Detta sker när komponentens livslängd är till ända någon gång under bygghelens livscykel ( $0 < t \leq T$ ). Grundprincipen är att både an- och återanskaffning av komponenter betraktas som investeringar som behöver vidtagas vid olika tidpunkter under bygghelens livscykel. För de fall då utbyteskostnaden kan bedömas vara högre än anskaffningskostnaden måste ett utbytestillägg, som avser att täcka merkostnaden för rivning och arbetsmetod gentemot nyproduktion, beräknas, jfr Greger m fl (1973).

Anskaffning innefattar förutom de i komponenterna ingående produktionsaktiviteterna även t ex kommunala avgifter, markexploatering, projektledning och projektering av såväl mark som hus, jfr Söderberg m fl (1983). Dessa aktiviteter utgör egna produkt-delar (kalkylposter) och återfinns under huvudgrupp två. Periodiseringen av kostnaderna görs på följande sätt:

$N \geq T$ : Anskaffningskostnaden för komponenten vid ( $t = 0$ ) anges som nuvärdet (PV) och periodiseras efter bygghelens brukstid ( $T$ ). Ett eventuellt restvärde sätts lika med noll. Vid brukstidens slut avgörs det huruvida en ombyggnad är att föredra framför nyproduktion, jfr Bröchner (1978).

$N < T$ : Återanskaffningskostnaden för komponenten vid  $0 < t \leq T$  periodiseras efter aktuell livslängd ( $N$ ). Livslängden anges i heltal av bygghelens brukstid med ett intervall på fem år enligt  $5 \leq N \leq T/2$ . I de fall då kostnadsuppgifter om återanskaffning saknas anges anskaffningsvärdet.



## Underhåll

Med underhåll menas åtgärder under en komponents livslängd som syftar till att vidmakthålla komponentens funktion och tekniska standard, se kapitel 4.1. Underhållet kan planeras i förväg och utförs då antingen i förebyggande syfte (korttidsplanerat) eller med en i förväg bestämd periodicitet (långtidsplanerat). Underhållet kan även utföras i avhjälpande syfte (akut) då behov föreligger, se figur 12.

	Planerat		Avhjälpande
	Förebyggande	Periodiskt	
Korttid	X		
Långtid		X	
Akut			X

Figur 12. Underhållsnomenklatur

Underhållet delas i denna studie in i:

Planerat underhåll (Up): Förebyggande åtgärder som utförs med en i förväg bestämd periodicitet.

Avhjälpande underhåll (Ua): Akuta insatser som förväntas inträffa någon gång under en komponents livslängd.

Löpande underhåll inkluderas i teknisk skötsel och betraktas som driftkostnader.

Planerat underhåll utförs periodiskt utifrån erfarenhetsbaserade underhållsintervall (UI). Intervalltalen anges i heltal av byggnadens brukstid (T) alternativt komponenternas livslängder (N) med en lägsta periodicitet av fem år och en högsta

periodicitet av halva brukstiden ( $T$ ) enligt  $5 \leq UI \leq T/2$ . Vid årskostnadsberäkningarna framgår det dessutom vilka typer av åtgärder som skall vidtagas. Det innebär att komponenter med kortare livslängd än byggnadsstommen återanskaffas successivt och att byggnaden bibehåller en hög byggnadsteknisk kvalitet under hela livscykeln.

Avhjälpande underhåll utförs för de akuta skador som antas inträffa någon gång under livslängden för vissa speciellt utsatta byggdelskomponenter, jfr Sjöström m fl (1982) och Westin (1982). Det avhjälpande underhållet utförs ej periodiskt. Åtgärds-kostnaden beräknas som årskostnaden utslagen över brukstiden, alternativt livslängden, för den komponent för vilken den akuta underhållsinsatsen anses vara erforderlig.

### Drift

Driftaktiviteter avser att bibehålla byggnaden i ett kontinuerligt brukbart skick så att den uppfyller de krav och normer som ställs på en bostadsfastighet. Driftaktiviteterna, inklusive löpande underhåll, har en periodicitet som är mindre än eller lika med ett år och delas in i kostnader för försörjning, skötsel och övriga driftkostnader. De olika delkostnaderna uttrycks som årskostnader.

Till försörjning hör kostnader för värme- och elenergi samt vattenförbrukning. I skötsel ingår förutom ren fastighetsskötsel och drifttillsyn även åtgärder av typ kontroll, service och justering av de tekniska systemen samt den interna sophanteringen. Till fastighetsskötsel räknas också löpande underhållsåtgärder. Städning utgör en egen kostnadspost och sophämtning inryms i produktdelen avfallshantering under huvudgrupp nio, se kapitel 7.1.

Under övriga driftkostnader återfinns kostnadsposterna administration (teknisk och kameral), bevakning, fastighetsskatt och försäkringar. Dessa för fastigheten gemensamma driftkostnader återfinns som produktdelar under huvudgrupp nio, se kapitel 7.1.

Opåverkbara delkostnader slås ut efter lämplig fördelningsnyckel medan hushållsberoende delkostnader debiteras de boende individuellt i förhållande till utnyttjandegrad, jfr Senning (1982) och Öfverholm (1984). Driftstatistik samt tekniska beskrivningar och arbetsinstruktioner från materialindustrin ger drift- och underhållsinformation om de material som ingår i de olika byggdelarna.

### Komponentval

Val av komponenter till de olika byggdelarna görs med en kalkylteknik som baseras på traditionell investeringskalkylering, se kapitel 4.3. Kalkylarbetet inleds med att produktionskostnaderna för komponentens konstruktiva uppbyggnad och de under brukstiden erforderliga aktiviteterna och åtgärderna förs till endera av kostnadsslagen anskaffning/återanskaffning (A), planerat och avhjälpande underhåll (Up och Ua) eller drift (D).

De olika kostnadsslagen görs jämförbara genom att relatera dem till en och samma tidpunkt, anskaffningstidpunkten, d v s då  $t = 0$ , se kapitel 4.3. Med utgångspunkt från kalkylelementen livslängd (N), underhållsintervall (I) och real kalkylränta (r) diskonteras underhålls- och driftkostnaderna till nuvärden (PV) enligt följande samband:

$$PV(A) = A$$

$$PV(U_p) = U_p * \frac{1}{(1 + r)^{(N \text{ alt } I)}}$$

$$PV(U_a) = U_a * \frac{1}{(1 + r)^N}$$

$$PV(D) = D * \frac{(1 + r)^N - 1}{r(1 + r)^N}$$

En summering av de olika kostnadsslagens nuvärden ger ett nuvärde (PV) för den aktuella komponenten enligt sambandet:

$$PV = \Sigma [PV(A) + PV(U_p) + PV(U_a) + PV(D)]$$

Därefter sprids de olika kostnadsslagens nuvärden (PV) ut på årligen lika stora belopp, s k annuiteter, efter den aktuella komponentens brukstid (T) eller livslängd (N).

$$\dot{A}(A) = PV(A) * \frac{r(1+r)^{(T \text{ alt } N)}}{(1+r)^N - 1}$$

$$\dot{A}(U_p) = PV(U_p) * \frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1}$$

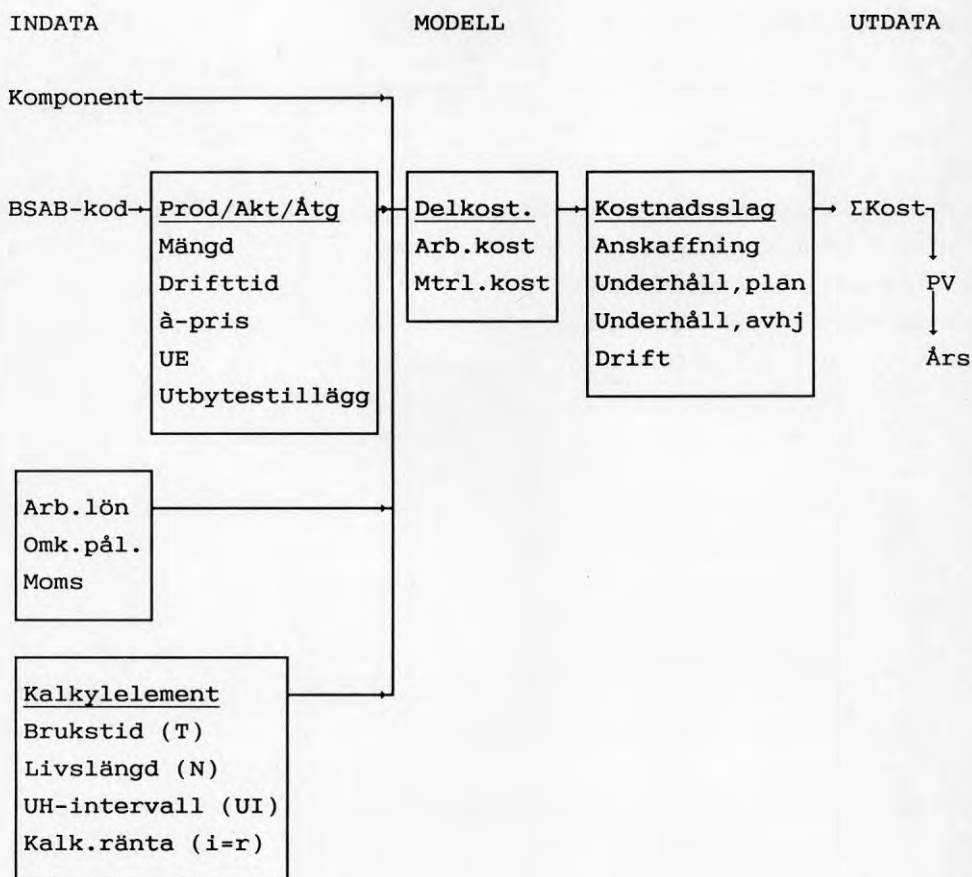
$$\dot{A}(U_a) = PV(U_a) * \frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1}$$

$$\dot{A}(D) = D$$

En summering av de olika annuiteterna ger därvid en årskostnad ( $\dot{A}$ ) för varje komponent, se kapitel 4.3, enligt sambandet:

$$\dot{A} = \Sigma [\dot{A}(A) + \dot{A}(U_p) + \dot{A}(U_a) + \dot{A}(D)]$$

I figur 13 visas hur kostnaderna för de olika komponenterna beräknas med hjälp av modellen, jfr Forsaeus och Mattsson (1980) och Mattsson och Söderberg (1983).



Figur 13. Kostnadsberäkning komponentval

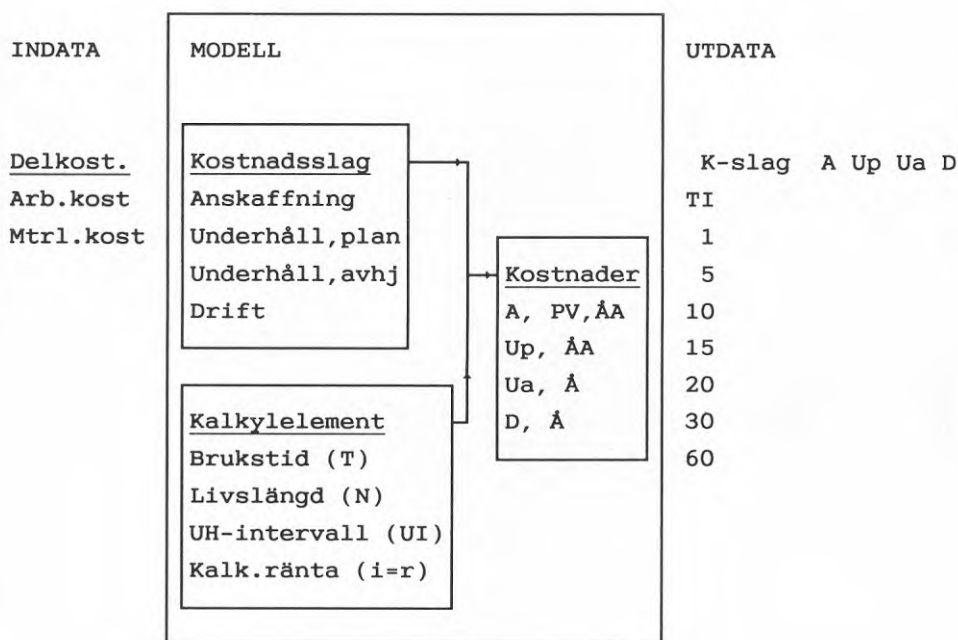
Val av byggdelskomponent görs genom att värdera de olika alternativens anskaffnings- och årskostnader utifrån förvaltningsperspektiv och kalkylhorisont och med hänsyn till aktuell förvaltningsstrategi och underhållspolicy, se kapitel 3.1.

Med utgångspunkt från de utvalda komponenternas arbets- och materialkostnader och de i modellen ingående kalkylelementen och



kostnadsslagen erhålls kostnaderna för hela produkten.

I figur 14 nedan visas hur beräkningen av kostnaderna på byggnadsnivå (systemnivå 4) utförs med hjälp av LCC-modellens systemstruktur, se kapitel 7.1. De begrepp som ingår i modellen har definierats i kapitel 4.1.



Figur 14. Kostnadsberäkning byggnadsnivå

## 8.2 Kostnadsredovisning

### LCC-matriser

I figur 15 visas hur kostnaderna för de utvalda komponenterna redovisas i s k LCC-matriser bestående av tidsintervall (TI) radvis och kostnadsslag (A, Up, Ua och D) kolumnvis. Tidsintervallen utgörs av antingen byggnadens brukstid (T), komponenternas livslängder (N) eller aktuellt underhållsintervall (UI). Livslängden överensstämmer liksom vid komponentvalet, se kapitel 8.1, med de olika komponenternas tekniska livslängder.

An- och återanskaffningskostnaderna kan, beroende på den aktuella komponentens livslängd, infalla vid samtliga tidsintervall medan driftkostnaderna, som har en återkommande periodicitet av ett år, endast kan infalla vid tidsintervallet ett. Kostnaderna för det planerade underhållet kan infalla vid tidsintervallen  $5 \leq TI \leq T/2$  medan kostnaderna för det avhjälpande underhållet kan infalla akut någon gång under aktuell komponents livslängd, se kapitel 8.1.

K-slag	A	Up	Ua	D
TI				
1				
5				
10				
15				
20				
30				
60				

Figur 15. LCC-matris

Kostnaderna redovisas därefter i LCC-matriser på allt högre systemnivåer vilket slutligen resulterar i en LCC-matris för produkten som helhet.

#### Produktkostnader

Produktkostnaderna erhålls således genom en nivåvis summering av kostnaderna inom varje tidsintervall för de olika kostnadsslagen, se kapitel 7.1. LCC-matriserna för de olika bygghedlarna summeras därvid ihop till LCC-matriser på produktelnivå enligt sambandet:

$$Pd_j = \sum_i Bd_i$$

LCC-matrisen för t ex produkt del j = 35 Ytterväggar, ingående i huvudgrupp 3 Hus, erhålls genom att summera alla för

produkt delen ingående byggdelsmatriser mellan  $i = 350-359$  enligt sambandet:

$$Pd_{35} = \sum_{i=350}^{359} Bd_i.$$

Om produkt del 35 antas bestå av byggdelarna 351 och 353 ser ekvationen ut enligt följande:

$$Pd_{35} = Bd_{351} + Bd_{353}.$$

I figur 16 visas hur LCC-matriserna för de bägge byggdelarna, uppdelat på kostnadsslag och tidsintervall, ställs upp och summeras, se kapitel 8.1.

3 Hus

30

.

$$\begin{bmatrix} & A & Up & Ua & D \\ TI & & & & \\ 1 & & & & \\ 5 & 35 & & & 359 \\ 10 & Ytterväggar & & & \\ 15 & klimatskil- & = \Sigma & & 350 \\ 20 & jande delar & & & \\ 30 & & & & \\ 60 & & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} & A & Up & Ua & D \\ TI & & & & \\ 1 & & & & \\ 5 & 351 & & & \\ 10 & Inre & & & \\ 15 & klimatskärm & & & \\ 20 & & & & \\ 30 & & & & \\ 60 & & & & \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & A & Up & Ua & D \\ TI & & & & \\ 1 & & & & \\ 5 & 353 & & & \\ 10 & Yttre & & & \\ 15 & klimatskärm & & & \\ 20 & & & & \\ 30 & & & & \\ 60 & & & & \end{bmatrix}$$

.

39

Figur 16. Matrissummering

LCC-matriserna på produkt delsnivån summeras därefter ihop till LCC-matriser på huvudgruppsnivån enligt sambandet:

$$Hg_k = \sum_j Pd_j.$$

För huvudgrupp 3 Hus ser ekvationen ut på följande sätt:

$$Hg_3 = \sum_{j=30}^{39} Pd_j.$$

De olika produktdelarna sorteras på tre olika kostnadsställen, basbyggnad, lokal/lägenheter och lokal/gemensamma utrymmen med beteckningarna 1, 2,1 respektive 2,2. Det innebär således att tre olika LCC-matriser tas fram för varje huvudgrupp.

Slutligen summeras huvudgruppernas LCC-matriser ihop till en LCC-matris för varje kostnadsställe separat och till en LCC-matris för hela produkten totalt enligt följande:

$$P_l = \sum_k Hg_k.$$

där

l betecknar produktkategori.

För produkten I Flerbostadshus ser ekvationen ut på följande sätt:

$$P_I = \sum_{k=1}^9 Hg_k.$$

### Förvaltningskostnader

När kostnaderna för hela bostadsfastigheten är beräknade ställs en redovisningsmatris upp som visar hur kostnaderna för de olika kostnadsslagen täcks och en förvaltningskostnadsmatris som visar hur de årliga kapitalkostnaderna och årskostnaderna beräknas.

Redovisning och balansering av kostnaderna görs enligt sambandet  $T = S + E$ . Kostnaderna för anskaffning, återanskaffning och planerat underhåll för de i byggnaden ingående komponenterna täcks med kapital som antingen erhålls genom upptagna krediter (S1) eller genom att ägarna tillskjuter medel (S2), se kapitel 3.1. Kapitalet betraktas således i bägge fallen som främmande ( $S = S1 + S2$ ).

I kostnadsredovisningen skrivs kapitalet av komponentvis efter de olika komponenternas livslängder, s k komponentavskrivningar jfr Greger m fl (1973) och Frenckner (1982). Vid återanskaffningstillfället eller då planerat underhåll behöver utföras tas antingen nya krediter upp eller också reinvesterar aktieägarna fortlöpande det återvunna kapitalet, d v s avskrivningsmedlen, i byggnaden.

De totala förvaltningskostnaderna (Fk) bestämmer därefter den erforderliga hyresintäkten (Hi) enligt paritetssambandet  $K = I$ . Den erforderliga hyresintäkten skall därvid täcka kapitalkostnaderna (an- och återanskaffning samt planerat underhåll), årliga driftkostnader (D) och kostnader för avhjälpande underhåll (Ua). Erforderliga medel till det avhjälpande underhållet måste sålunda reserveras tills eventuella åtgärder behöver vidtagas, se kapitel 8.1.

De totala kostnaderna förs till resultat- respektive balanskonton enligt följande:

$$S(A) = PV(A) \text{ alt } \dot{A}(A)$$

$$S(Up) = \dot{A}(Up)$$

$$K(Ua) = \dot{A}(Ua)$$

$$K(D) = \dot{A}(D)$$

I fig 17 visas redovisningsmatrisen för produkt 1 Flerbostadshus, kostnadsställe 1 Basbyggnad.

Redovisningsmatrisen baseras på den erhållna LCC-matrisen för produkten.



Produkt: I Flerbostadshus

Kostnadsställe: 1 Basbyggnad

Resultat

Intäkter

Balans

Tillgångar

Kostnadstäckning

S1

S2

K(Ua) K(D)

K-slag	A	Up	Ua	D	A	Up	A	Up	Ua	D
TI										
1										
5										
10										
15										
20										
30										
60										

LCC-MATRIS

REDOVISNINGSMATRIS

Figur 17. Redovisningsmatris

Redovisningsmatrisen ligger sedan till grund för beräkning av erforderlig hyresintäkt. I en förvaltningskostnadsmatris beräknas därvid de årliga kapitalkostnaderna för anskaffning, återanskaffning och planerat underhåll samt årskostnaderna för avhjälpande underhåll och drift.

Kapitalkostnaderna består därvid av de kalkylmässiga komponentavskrivningarna och räntekostnader. Räntekostnaden är en ersättning för disposition av kapital och mäter långivarens krav på förräntning på lånat kapital och aktieägarnas krav på värdesäkring på satsat kapital. För att byggnaden skall bibehålla sin ursprungliga kvalitetsnivå erfordras det att kapitalet förräntas realvärdebeständigt och att det justeras årligen med avseende på kostnadsutvecklingen.

Ekvationerna för skuld (S), avskrivning (AV) och ränta (RÄ) ser ut på följande sätt:

$$S = S(A) + S(Up)$$

$$AV = S / (T \text{ alt } N)$$

$$R\ddot{A} = S * r$$

I fig 18 visas hur förvaltningskostnadsmatrisen ser ut för år ett som sätts lika med 1987.

Produkt: I Flerbostadshus

Kostnadsställe: 1 Basbyggnad

År 1: 1987

Kostnadstäckning                      Kapitalkost. (Kk)      Årskostnader

TI	S1	S2	K(Ua)	K(D)	AV1	RÄ1	AV2	RÄ2	Årsk.	Årsk.
1										
5										
10										
15	REDOVISNINGS-				FÖRVALTNINGSKOSTNADSMATRIS					
20	MATRIS									
30										
60										

Figur 18. Förvaltningskostnadsmatris

Förvaltningskostnaden (Fk) för hela produkten år 1 kan därefter tecknas som:

$$F_k = \text{Årsk.}(TI=1) + \text{Årsk.}(TI=T \text{ alt } N) + \sum_{TI=5}^{60} AV1 + \sum_{TI=5}^{60} R\ddot{A}1 \\ + \sum_{TI=5}^{60} AV2 + \sum_{TI=5}^{60} R\ddot{A}2 \quad (i)$$

Den erforderliga hyresintäkten bör vidare ej inkludera fastighetsägarens avkastning på reserverade medel. De ränteintäkter som de reserverade medlen ( $R\ddot{A}_{res}$ ) för det avhjälpande underhållet inbringar dras således ifrån den totala förvaltningskostnaden. Den erforderliga hyresintäkten ( $H_i$ ) vid tidpunkten  $t = 1$  kan därvid tecknas som:

$$H_i = F_k - \sum_{TI=5}^{60} R\ddot{A}_{,res} \quad (ii)$$

där

$$Res.medel = Res.medel (t - 1) + AV(t)$$

$$t = 1 \longrightarrow Res.medel = AV(1)$$

$$R\ddot{A}_{,res} = Res.medel * r$$

Den framräknade erforderliga hyresintäkten kan således betraktas som en bashyra som vid hyresförhandlingarna kommer att påverkas av å ena sidan de boendes rättvise- och rimlighetskrav och å andra sidan av ägarnas vinstintressen.

## IV KALKYLEXEMPEL

## 9 UPPLÄGGNING

Kalkylexemplet innehåller en kostnadskalkyl och en kostnadsanalys bestående av ett antal känslighets- och simuleringsanalyser.

Kostnadskalkyleringen utförs enligt beräkningsmetodiken, se kapitel 8. Analysen utförs i två steg. I det första beräknas bostadsfastighetens produktkostnader och i det andra dess förvaltningskostnader.

Beräkningarna i kalkylexemplet utförs tekniskt med hjälp av persondator (PC) och kalkylprogrammet LOTUS 1-2-3, som är anpassat till IBM PC samt till ett flertal IBM kompatibla datorer. LOTUS 1-2-3 är ett kraftfullt integrerat kalkylhjälpmedel uppbyggt av ett spreadsheet innehållande maximalt 8192 rader och 256 kolumner. Kalkylprogrammet innehåller matematiska-, statistiska- och ekonomiska funktioner och kan bl a användas vid databashantering, för redovisning av resultat i tabeller och olika typer av diagram och vid känslighetsanalyser och simuleringar, jfr t ex Bodily (1986).

Produkt- och förvaltningskostnaderna tillhör endera kostnadsslagen anskaffning (ny- och ersättningsinvesteringar), underhåll (planerat och avhjälpande) eller drift, jfr SOU 1982:65 och se kapitel 8.1. Utifrån kalkylförutsättningarna, se kapitel 10.1, beräknas bostadsfastighetens totala livscykelkostnader och de årliga förvaltningskostnaderna bestäms, se kapitel 8.

Kalkyleringen består därvid av följande huvudmoment, se kapitel 8.

- val av komponenter till bostadsfastighetens olika byggdelar.

- beräkning av bostadsfastighetens totala livscykelkostnader under hela brukstiden och redovisning av kostnaderna i LCC-matriser på de olika systemnivåerna.
- beräkning av första årets förvaltningskostnader och en prognos av hur kostnaderna utvecklas under de fem första åren.

När kostnadskalkyleringen är genomförd utförs en rad känslighetsanalyser för att se hur störningar i indata och kalkylelement påverkar val av komponenter, LCC-matriserna på de olika systemnivåerna och storleken på förvaltningskostnaderna, se kapitel 11.2.

Kostnaderna under brukstiden analyseras dessutom med en simulering av de modellparametrar som förespås ha störst inverkan på de årliga förvaltningskostnaderna. Olika sannolikhetsfördelningar skattas subjektivt under antagandet att dessa är stokastiska och kontinuerligt triangulärfördelade, se kapitel 11.1. Simulering med slumpvals-generering genomförs och frekvensdiagram över olika kostnader för bostadsfastigheten redovisas, se kapitel 11.2. Känslighetsanalyserna bildar underlag för val av modellparametrar och hur dessa bör skattas vid simuleringen, jfr Jaffe (1979) och Lundström (1980).

Resultaten från analyserna utvärderas därefter utifrån analysförutsättningarna, se kapitel 11.1, med avseende på de olika kalkylelementens betydelse för kostnadsutfallet, se kapitel 11.3.

## 10 KOSTNADSKALKYL

### 10.1 Kalkylförutsättningar

Empirin i fallstudien, dvs kostnaderna för anskaffning av komponenter till olika byggdelar, baseras på verkliga mängd-, tids- och prisuppgifter från en fastighet ingående i det sk energiprojektet Solen i Sundsvall.

I tabell 3 anges de i projektet ingående komponenterna kodade efter huvudgrupp, produkt-del och byggdel enligt systemstrukturen, se kapitel 7.1, och på basis av BSAB-systemets



P2-tabell och med inslag av K-blockets förslag till kontoplan, se bilagorna 1 och 2.

Tabell 3. Projektet Solen

HUVUDGRUPP PRODUKTDEL	BYGGDEL	KOMPONENT
3 Hus		
32 Husunderbyggnad	322 Schakt och återfyllning	Bergschakt
	324 Husgrund	Grundmur/btg
33 Husstomme	331 Stomväggar	Väggar/btg
	332 Pelarstommar	Pelare/btg
	334 Stombjälklag	Bjälklag/btg
	336 Trappstommar, hisschakt	Trappa/btg
	337 Yttertaksstommar	Fackverk/trä
34 Yttertak	341 Taklagskomplettering	Takstol/trä
	342 Inre klimatskärm	Vindsk./min.ull
	343 Yttre klimatskärm	Taktäckn./plåt
	344 Takavslutningar	Takfot
	345 Öppningskompletteringar	Tak- och röklucka
	348 Huskompletteringar	Inv.takavv.ränn. Snöräcken
35 Ytterväggar	350 Sammansatta delar	Fasadställning
	351 Inre klimatskärm	Vindsk./Plywood Isol./min.ull
	353 Yttre klimatskärm	Fasadbekl./tegel /granit /plåt
	355 Öppningskompletteringar	Ytterdörr/alumin. Fönster/trä /aluminium
	358 Huskompletteringar	Entreplan/btg
36 Rumsbildning	362 Undergolv	Golv/btg
	363 Innerväggar	Väggar/gips /btg-block
	365 Öppningskompletteringar	Dörrar/trä
	366 Invändiga trappor	Trappa/trä Räcke/stål

37	Invändiga yt-skikt och rums-kompletteringar	370	Platsmålning	Måln./väggar /tak
		371	Vakant	Kompl. socklar Byggarb., mont.
		372	Ytskikt på golv och trappor	Natursten Parkett Linoleum Vinylplast Ribbgummi
		373	Ytskikt på väggar	Natursten Keramiska platt.
		376	Kapitalvaror	Tvättstugeutrust. Kyl/sval Kyl/frys Elspis Ugn
		377	Skåp och inredningar	Väggskaåp Högskaåp
		378	Rumskompletteringar	Badrum Städrum Kapprum Källarkontor
5	VVS- och kyl-system			
50	Sammansatta VVS- och kyl-system	500	Sammansatt	Värme o ventilat.
		502	Centralutrustningar	Värme o ventilat.
		508	Platsutrustningar	Värme o ventilat.
52	Tappvatten- och avloppsvatten-system	520	Sammansatt	Vatten o avlopp
		522	Centralutrustningar	Varmvattenbered.
		528	Platsutrustningar	Tvättställ Badkar WC-stol
56	Värmesystem	562	Centralutrustningar	Värmepanna Värmeväxlare
		568	Platsutrustningar	Panelradiatorer Radiatorventiler
6	Elanläggningar			
60	Sammansatta elanläggningar	600	Sammansatt	Elanläggning

63 Belysnings-, elvärm- och motordriftan- läggningar	638 Platsutrustningar	Glödlampor Lysrör Stömställare Elvärmepaneler
7 Transport- anläggningar		
71 Hissanlägg- ningar	710 Sammansatt	Hissar
9 Ofördelade/ge- mensamma kost- nader		
91 Administration		Teknisk o kameral
92 Fastighetsskatt		
93 Försäkring		
94 Avfallshante- ring		Sophämtning

---

Följande huvudgrupper är därvid, enligt systemstrukturen, representerade i kalkylexemplet, se kapitel 7.1.

- 3 Hus
- 5 VVS- och kylsystem
- 6 Elanläggningar
- 7 Transportanläggningar
- 9 Ofördelade/gemensamma kostnader

Således ingår det ej några komponenter eller aktiviteter från huvudgrupperna 0 Projektering, 1 Markanläggningar, 2 Reserverad, 4 Inredning, utrustning, processinstallationer och 8 Styr- och övervakningssystem.

#### Indata

Det utvalda projektets indata är nedbrytna till den nivå som erfordras för att de skall kunna användas i den framtagna LCC-modellen.

Kostnaderna för an- och återanskaffning av VVS- och kylsystem, El- och transportanläggningar är dock angivna som en totalsumma

för varje anläggning. Dessa har därför, med hjälp av REPAB:s förvaltningsfakta Underhållskostnader 1984 (justerat till 1987 års prisläge), fördelats på olika delposter (produkt- och bygghdelar) efter erfarenhetsmässiga procentsatser. Kostnaderna för återanskaffning av komponenter under byggnadens livscykel beräknas utifrån ett s k utbytestillägg.

Tiden som de i komponenten ingående aktiviteterna och åtgärderna tar att utföra anges som drifttiden, d v s den tid som operationen tar att utföra med effektiv arbetstid inklusive grovstädning och mindre störningar. Arbetslönkostnaden är helt beroende av drifttiden och angiven i kronor per enhet med en timlön av 65 kr, exklusive sociala kostnader och övriga pålägg. Materialpriserna baseras på fabriksprislistor och avser standardutföranden. I priserna bortses från rabatter och objekt- och ortspecifika kostnader. Det tas heller ingen hänsyn till miljöfaktorer, t ex geografiskt läge och årstid, entreprenadform eller den s k marknadsfaktorn.

För att täcka in den del som är att hänföra till omkostnader, sett ur byggentreprenörens synvinkel, görs tillägg på arbetslön med 272% och på underentreprenadarbeten med 13%. Tillägg för mervärdeskatt görs med 12,87% för de olika kostnadsslagen vid val av komponenter till de olika bygghdelarna.

För att kunna väga in förvaltningskostnaderna i kostnadskalkyleringen har de underhållsåtgärder som återfinns i SABO:s underhållsnorm från 1986 kalkylerats utifrån Wikells sektionsfakta ROT 85/86 (justerat till 1987 års prisläge) och de under förvaltningsskedet aktuella driftposterna kalkylerats utifrån REPAB:s förvaltningsfakta Årskostnader 1986 - bostäder (justerat till 1987 års prisläge). Användandet av t ex REPAB:s förvaltningsfakta beror bl a på det faktum att erfarenhetsdata från förvaltningsskedet antingen saknas eller ej är relevanta och representativa för aktuellt projekt.

I bilaga 3 visas hur projektets indata, uppdelat på de tre kostnadsslagen anskaffning, underhåll och drift, lagras och struktureras i spreadsheeten.

Det förutsätts vidare att projekteringen genomförs i riktning mot ett förvaltningsinriktat byggande där projektörer och anlidade konsulter tillsammans har enats om utformning och tekniskt innehåll i de utvalda komponenterna med avseende på en LCC-baserad kalkylhorisont och en byggnadsteknisk god kvalitet.

### Kalkylelement

Kalkyleringen görs med en brukstid för byggnaden på 60 år, jfr bl a Suokko (1972) och Rapp (1974). Uppgifter om underhållsintervall och livslängder inhämtas från:

- underhållsintervall (UI): SABO:s Underhållsnorm (1986).
- livslängd (N): Bildmark (1954), Juhlin m fl (1979) och SABO:s Underhållsnorm (1986).

Intervallen mellan de periodiska underhållsarbetena i SABO:s underhållsnorm är erfarenhetsvärden och kan variera, beroende på faktorer som t ex klimat och luftföroreningar.

För att skillnader i boendekostnaderna p g a kostnadsutvecklingen (inflationen) och för att direkta jämförelser mellan olika år skall kunna vidtagas justeras kostnaderna årligen, med hjälp av konsumentprisindex (KPI), till aktuell prisnivå. KPI antas därvid uppgå till 4% per år. Utvecklingen av KPI baseras på historiska data från den senaste 20-års perioden med en viss hänsyn taget till det av statsmakten framlagda målet om en dämpning av den årliga inflationstakten.

Förhållandet mellan nominell och real ränta utgörs av storleken på KPI. Räntenivån antas, med viss eftersläpning, anpassa sig till inflationen vilket på lång sikt medför en stabil realränta. Den nominella räntesatsen bestäms därvid utifrån en konstant nivå på den reala räntan av 4%, jfr Hansson (1977), Rapp och Selmer (1980), SOU 1982:1, Mattsson och Söderberg (1983) och SOU 1984:36. Kostnadsberäkningarna görs i fast penningvärde vilket medför att investeringsbedömningarna baseras på en real kalkylräntefot.

De årliga förvaltningskostnaderna för samtliga kostnadsslag justeras efter KPI, jfr SOU 1982:1, Söderberg m fl (1983) och Mattsson och Söderberg (1983). Det skall dock påpekas att index för såväl byggande som underhåll, från mitten av 1980-talet och framförallt i storstadsregionerna, har ökat mer än vad KPI har gjort. Vid kostnadsanalysen, se kapitel 11, görs dock störningar med antagande om en reell kostnadsutveckling för kostnadsslagen underhåll och drift.

Förhållandet mellan skuld 1 (kapital från aktieägarna) och skuld 2 (upptagna krediter) sätts till 75/25. Kostnaderna för det avhjälpande underhållet täcks med sparade medel tills en eventuell akut åtgärd inträffar och med krediter (annuitetslån) för den resterande tiden av byggnadskomponentens livslängd.

## 10.2 Produktkostnader

Samtliga kostnader vid såväl kalkyleringen som analysen är angivna i enheten kronor.

## Komponentval

Komponentvalet exempelfieras med en beräkning av kostnaderna för:

35 Ytterväggar 355 Öppningskompl. Komponent: Dörr/fönster

och

50 Sammansatta	500 Sammansatt	Komponent: Värme och
VVS- och		ventilation
kylsystem		

Produktdelarna 35 och 50 tillhör bägge kostnadsställe 1 basbyggnad. Det innebär att de vid matrissummeringarna får koderna 35.10 respektive 50.10.



Komponentvalet åskådliggörs i figurerna 19 och 20 och genomförs enligt en mall som är utformad och anpassad för beräkning med hjälp av PC.

PRODUKT	OBJEKT	HUS NR	T	r	S1	S2	KPI	
Flerbo.	Solen	1	60	0,040	0,75	0,25	1,04	
	Hg	Pd	Bd	TI	A	Up	Ua	D
	3	35,10	355	1				0
	3	35,10	355	10		117474		
	3	35,10	355	30	2212841		800	
ALT	N	UI	OMK.	MOMS	UE	ARB.LÖN	à-PRIS	
1	30	10	2,72	1,13	1,13	65	1,0	
K-SLAG	DELKOST.	BSAB	ÅTGÄRD	KOSTNAD	SUMKOST	PV	ÅRSKOST	
A	Prod.	355146	Yt.dörr	26404	2212841	2212841	127969	
		355150	Sopdörr	2526				
		355621	Träfönst	1213569				
		355623	Al-fönst	885706				
		355708	Snickeri	30123				
		355711	Fönsterbl.	25919				
		355730	Fö.handt.	16550				
		355732	Fö.beslag	7772				
		355742	Dörr.lås	801				
		355745	Dörr.pla.	1468				
		355748	Dörrstäng.	2003				
U	Plan.	355150	Dörr.omm.	319	117474	79361	4589	
		355621	Fönst.omm.	50746				
		355621	Fönst.tätn	18143				
		355623	Al-fö.tätn	18143				
		355708	Foderlist	30123				
U	Avhj.	355146	Ytterdörr	338	44868	13834	800	
		355150	Sop.dörr	169				
		355621	Fönster	44361				
D					0	0	0	
				SUM		2306036	133358	

Figur 19. Kostnader byggdel 355

PRODUKT	OBJEKT	HUS NR	T	r	S1	S2	KPI
Flerbo.	Solen	1	60	0,040	0,75	0,25	1,04

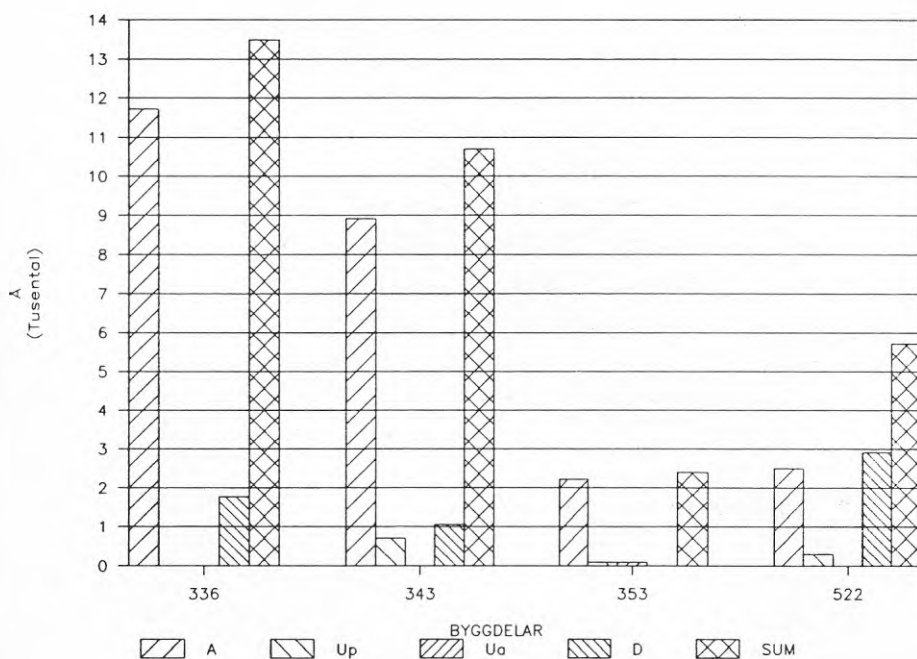
Hg	Pd	Bd	TI	A	Up	Ua	D
5	50,10	500	1				36520
5	50,10	500	20		140297		
5	50,10	500	60	823928		0	

ALT	N	UI	OMK.	MOMS	UE	ARB.LÖN à-PRIS
1	60	20	2,72	1,13	1,13	65 1,0

K-SLAG	DELKOST.	BSAB	ÅTGÄRD	KOSTNAD	SUMKOST	PV	ÅRSKOST
A	Prod.	500000	VVS/kyl	823928	823928	823928	36419
U	Plan.	500003	Återluft	61221	140297	64030	2830
		500004	Fläktmot.	61221			
		500004	Kullager	17856			
U	Avhj.				0	0	0
D	Skötsel	500003	Luftbeh.	36520	36520	826210	36520
				SUM		1714168	75769

Figur 20. Kostnader byggdel 500

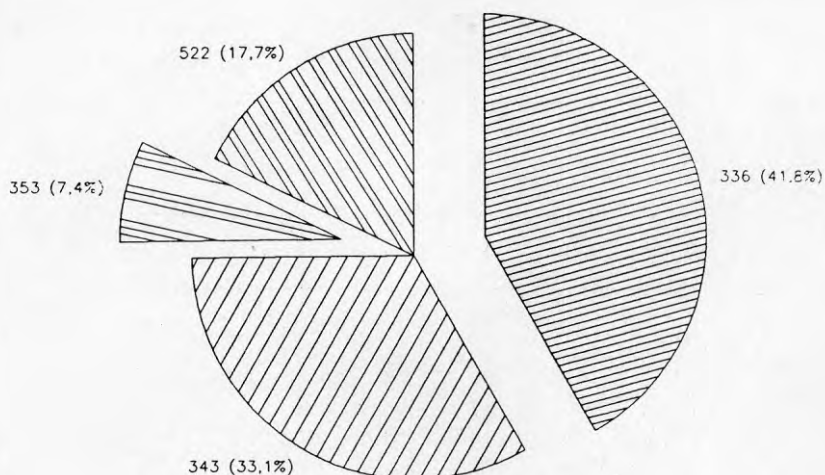
I figur 21 visas årskostnaderna för byggdelarna 336 Husstomme, trappstommar, hisschakt, 343 Ytterttak, yttre klimatskärm, 353 Ytterväggar, yttre klimatskärm och 522 Tappvatten- och avloppsvattensystem, centralutrustningar uppdelade på olika kostnadsslag och totalt.



Figur 21. Årskostnader, byggdelar och kostnadsslag

Ur figur 21 ser man att årskostnaderna är klart störst för anskaffningsåtgärder för byggdelar ingående i huvudgrupp 3 Hus medan årskostnaderna för drift spelar en stor roll för huvudgrupp 5 VVS- och kylsystem. Vidare ser man att årskostnaderna för underhåll är förhållandevis låga för samtliga ovan redovisade byggdelar.

I figur 22 jämförs de utvalda byggdelarna med varandra. Varje byggdels årskostnadsandel anges därvid i procent av av byggdelarnas sammanlagda totala årskostnad.



Figur 22. Årskostnader, procentandelar

Ur figur 22 ser man tydligt vilken betydelse som olika byggdelar har ur årskostnadssynpunkt. Det visar sig t ex att byggdel 336 Husstomme, trappstommar, hisschakt har en betydligt större årskostnadsandel än vad 353 Ytterväggar, yttre klimatskärm har.

#### LCC-matriser

De framtagna LCC-matriserna lagras i spreadsheeten och summeras, med hjälp av databasfunktioner och uppdelade på tre skilda kostnadsställena, ihop till LCC-matriser på produkt-, huvudgrupps-, och produktnivå. Därefter flyttas LCC-matriserna till olika ställen i spreadsheeten beroende på systemnivå, se kapitel 7.1.

I bilaga 3 visas matrissummeringen av byggdelar ingående i produkt 37,21 Invändiga ytskikt och rumskompletteringar, kostnadsställe 2,1 samt LCC-matriserna för huvudgrupp 3 Hus, kostnadsställe 1, huvudgrupp 5 VVS- och kylsystem,

kostnadsställe 2,1 och för produkten totalt.

Den slutliga LCC-matrisen för produkten konverteras därefter tillbaks till sin ursprungliga form med kostnadsslagen kolumnvis och tidsintervallen radvis, se kapitel 8.2. I tabell 4 visas LCC-matrisen för produkten som helhet.

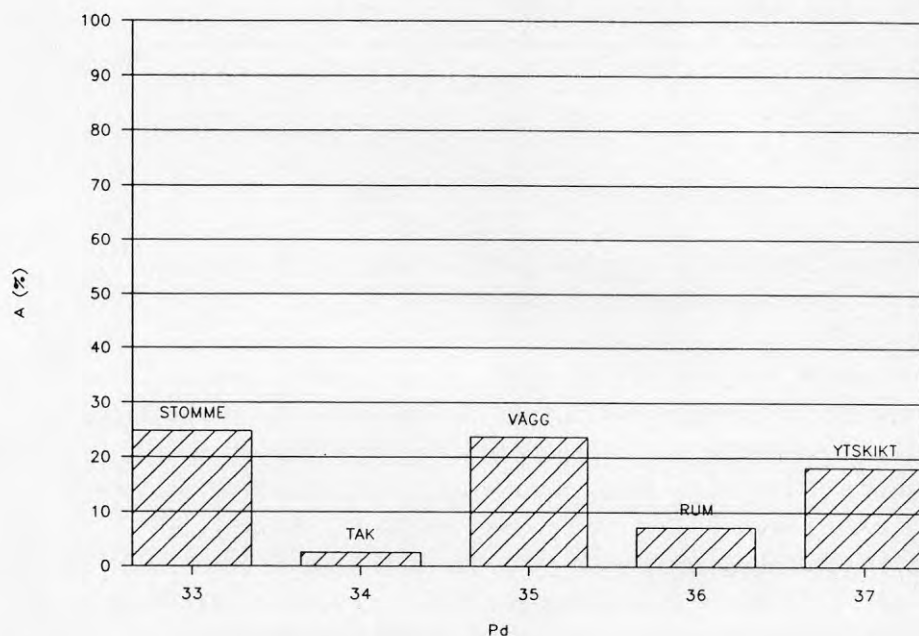
Tabell 4. LCC-matris, totalt

FASTIGHET				
TOTALT	KOSTNADSSLAG			
TI	A	Up	Ua	D
1				625477
5	12754	13775	0	
10	473061	385315	0	
15	460222	184121	308	
20	1695886	140297	0	
30	5017737	246265	1974	
60	9937216		27	

Ur tabell 4 kan man utläsa hur kostnaderna fördelas mellan de olika kostnadsslagen och tidsintervallen. Det visar sig t ex att kostnaderna för an- och återanskaffning, beloppsmässigt sett, är de klart dominerande. Vidare ser man att kostnaderna för an- och återanskaffning framförallt återfinns vid de längre tidsintervallen medan kostnaderna för planerat underhåll är relativt likformigt fördelade under livscykeln.

I figurerna 23 och 24 visas hur stor andel av de totala kostnaderna för anskaffning (A) respektive planerat underhåll (Up) som utgörs av kostnaderna för följande produktdelar, tillhörande huvudgrupp 3 Hus:

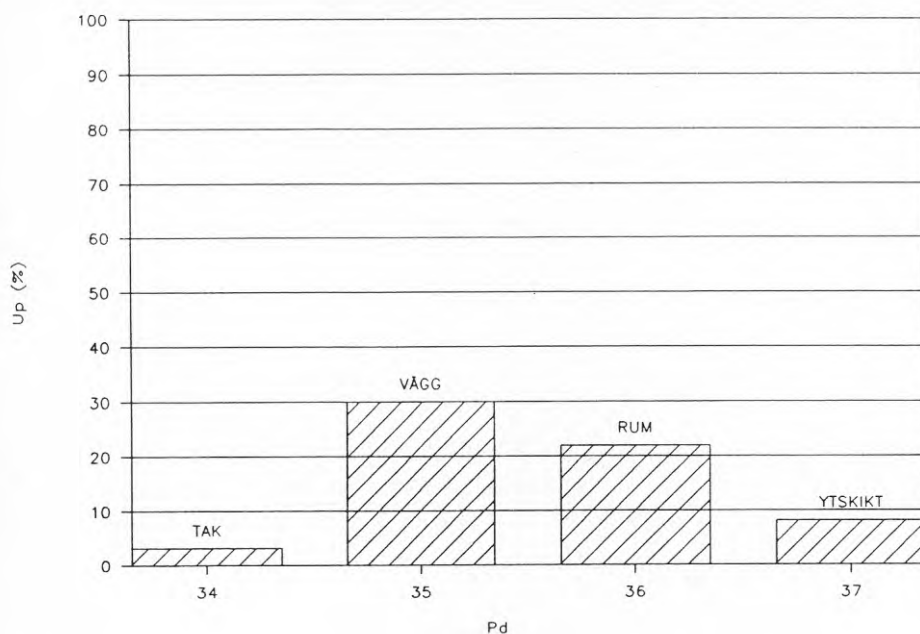
- 33 Husstomme (ej planerat underhåll)
- 34 Yttertak
- 35 Ytterväggar
- 36 Rumsbildning
- 37 Invändiga ytskikt och rumskompletteringar.



Figur 23. Anskaffningskostnader. Kostnadsandelar, produktdelarna 33-37.

Ur figur 23 ser man att husstomme och ytterväggar svarar för ungefär 25% var och ytsikt och rumskompletteringar för knappt 20% av de totala anskaffningskostnaderna medan kostnadsandelarna för rumsbildning och yttertak är knappt 10% respektive under 5%.

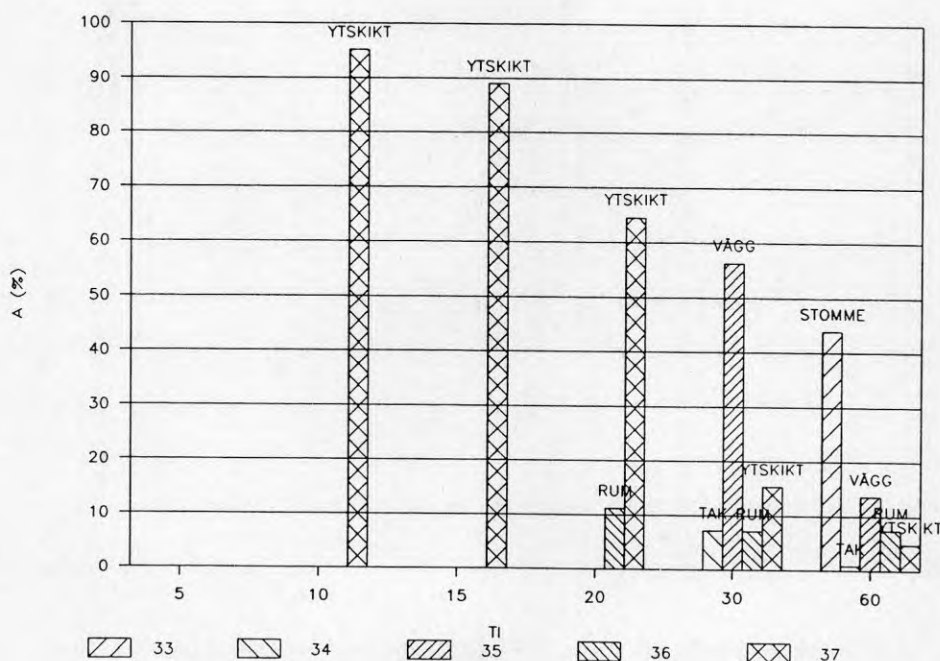




Figur 24. Kostnader för planerat underhåll. Kostnadsandelar, produktdelarna 34-37.

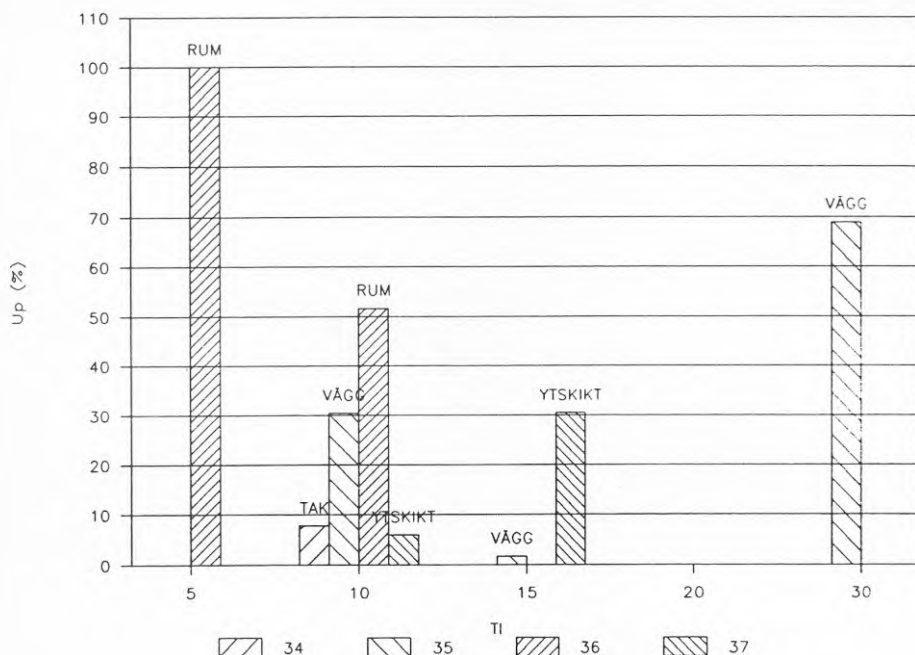
Ur figur 24 ser man att ytterväggar och rumsbildning tillsammans svarar för hälften av de totala kostnaderna för planerat underhåll medan kostnadsandelarna för ytskikt och rumskompletteringar samt yttertak är knappt 10% respektive under 5%.

I figurerna 25 och 26 åskådliggörs de ovan utvalda produktdelarnas kostnadsandelar, för anskaffning respektive planerat underhåll, uppdelat på olika tidsintervall d v s enligt LCC-matrisens struktur.



Figur 25. Anskaffningskostnader. Kostnadsandelar för produktdelarna 33-37 uppdelat på olika tidsintervall

Ur figur 25 ser man att kostnadsandelen för invändiga ytskikt och rumskompletteringar, helt naturligt, är hela 90% av de totala anskaffningskostnaderna vid tidsintervallen 10 och 15, men bara runt 10% vid tidsintervallen 30 och 60. Kostnadsandelen för övriga produktdelar återfinns vid de längre tidsintervallen, d v s 20, 30 och 60. Stommen utgör därvid ca 45% av den totala kostnaden vid tidsintervallet 60, ytterväggarna omkring 55% vid tidsintervallet 30, men endast omkring 15% vid tidsintervallet 30, och yttertaket en andel som är under 10% vid tidsintervallen 30 och 60. Rumsbildningen, slutligen, har en konstant andel av totalkostnaden på omkring 10% vid tidsintervallen 20-60.



Figur 26. Kostnader för planerat underhåll. Kostnadsandelar för produktdelarna 34-37 uppdelat på olika tidsintervall

Ur figur 26 ser man att rumsbildningens kostnadsandel av den totala kostnaden för planerat underhåll står för hela kostnaden vid tidsintervallet 5 och för drygt halva kostnaden vid tidsintervallet 10 medan kostnadsandelen för ytterväggar är 30% vid tidsintervallet 10, hela 70% vid tidsintervallet 30 och endast några få procent vid tidsintervallet 15. Kostnader för ytskikt och rumskompletteringar förekommer vid tidsintervallen 10 och 15 och utgör därvid ca 5% respektive 30% av den totala kostnaden medan tak bara förekommer vid tidsintervallet 10 och med en kostnadsandel på knappt 10%.

Sammanfattningsvis bör man komma ihåg att de totala kostnadsbeloppen för anskaffning är klart störst vid de längre tidsintervallen medan kostnaderna för planerat underhåll fördelar sig mer jämnt över tiden, se tabell 4, och att det i totalkostnaderna ej ingår några kostnader från huvudgrupperna 0 Projektering, 1 Markanläggningar, 2 Reserverad, 4 Inredning,

utrustning, processinstallationer och 8 Styr- och övervakningssystem, se kapitel 10.1.

I tabellerna 5-7 visas LCC-matriserna för varje kostnadsställe separat, med en inom parentes angiven procentandel som visar kostnadsfördelningen mellan de olika kostnadsställena vid respektive kostnadsslag och tidsintervall.

Tabell 5. LCC-matris, kostnadsställe 1

FASTIGHET				
K-STÄLLE	KOSTNADSSLAG			
1				
TI	A	Up	Ua	D
1				250356 ( 40)
5	12754 (100)	0	0	
10	0	254749 ( 66)	0	
15	43365 ( 9)	127951 ( 69)	0	
20	341747 ( 20)	140297 (100)	0	
30	3355265 ( 67)	246265 (100)	1577 ( 80)	
60	9457665 ( 95)		0	

Tabell 6. LCC-matris, kostnadsställe 2,1

FASTIGHET				
K-STÄLLE	KOSTNADSSLAG			
2,1				
TI	A	Up	Ua	D
1				360534 ( 58)
5	0	13775 (100)	0	
10	338701 ( 72)	126102 ( 33)	0	
15	78675 ( 17)	56170 ( 31)	308 (100)	
20	1220963 ( 72)	0	0	
30	1624209 ( 32)	0	397 ( 20)	
60	208449 ( 2)		27 (100)	

Tabell 7. LCC-matris, kostnadsställe 2,2

FASTIGHET				
K-STÄLLE	KOSTNADSSLAG			
2,2				
TI	A	Up	Ua	D
1				14886 ( 2)
5	0	0	0	
10	134360 ( 28)	4464 ( 1)	0	
15	341983 ( 74)	0	0	
20	133176 ( 8)	0	0	
30	38263 ( 1)	0	0	
60	271102 ( 3)		0	

Ur tabellerna 5-7 ser man att kostnaderna för komponenter tillhörande kostnadsställe 1, basbyggnad, är klart dominerande, speciellt beträffande anskaffning (TI = 60), återanskaffning vid år 30 och planerat underhåll vid år 20 och år 30. Komponenter som behöver bytas ut eller underhållas med kortare tidsintervall samt driftaktiviteterna är, som procentalen i figurerna 5 och 6 visar, däremot mer jämnt fördelade mellan kostnadsställe 1 och kostnadsställe 2,1, lokaler, lägenheter. Det syns också tydligt att det utvalda objektet är en bostadsfastighet. Kostnaderna för komponenter tillhörande kostnadsställe 2,2, lokaler, gemensamma utrymmen, är således, enligt figur 7, procentuellt sett låga.

### 10.3 Förvaltningskostnader

Indata till beräkningen av förvaltningskostnaderna utgörs av LCC-matrisen för den totala produkten på systemnivå 1, se kapitel 10.2.

Kostnaderna balanseras på skuld 1 och skuld 2 och täcks på olika sätt beroende på kostnadsslag, se kapitlen 3.1 och 8.2.

Nedan visas i tabell 8 hur kostnaderna för bostadsfastigheten balanseras.

Tabell 8. Kostnadsbalans, totalt

BALANS						
	TILLGÅNG					
	S1 (75%)		S2 (25%)		K	K
TOTALT	KOSTNADSSLAG					
TI	A	Up	A	Up	Ua	D
1						625477
5	9566	10331	3189	3444	0	
10	354796	288986	118265	96329	0	
15	348016	138091	116005	46030	308	
20	1271915	105223	423972	35074	0	
30	3763303	184699	1254434	61566	1974	
60	7452912		2484304		27	

Ur tabell 8 ser man därvid att kostnadsslagen anskaffning (A) och planerat underhåll (Up) har delats upp i två, procentuellt sett olika stora, skuldandelar och att kostnaderna för avhjälpande underhåll och drift är angivna med samma belopp som i figur 4.

Därefter erhålls första årets resultat och prognoser för de fem första åren under byggnadens livscykel, se kapitel 8.2.



I tabell 9 nedan redovisas förvaltningskostnaderna och den erforderliga hyresintäkten för år 1 totalt.

Tabell 9. Förvaltningskostnader år 1 (1987), totalt

RESULTAT							INTÄKT
ÅR 1	KOSTNADER						
1987							
TOTALT	AV1	RÄ1	AV2	RÄ2	Årsk	Årsk	RÄ,res
TI							
1						625477	
5	3979	796	1326	265	0		
10	64378	25751	21459	8584	0		
15	32407	19444	10802	6481	308		
20	68857	55086	22952	18362	0		
30	131600	157920	43867	52640	1975		
60	124215	298116	41405	99372	27		
SUM	425437	557113	141812	185704	2310	625477	92
Hi	1937762						

I tabell 9 ovan har förvaltningskostnaderna, avskrivningar (AV), räntekostnader (RÄ) och årskostnader först beräknats uppdelat på olika tidsintervall, enligt ekvation (i) i kapitel 8.2, och därefter summerats kolumnvis. Den erforderliga hyresintäkten har därefter, korrigerad med ränteintäkten på de reserverade medlen (RÄ,res), beräknats enligt ekvation (ii), se kapitel 8.2.

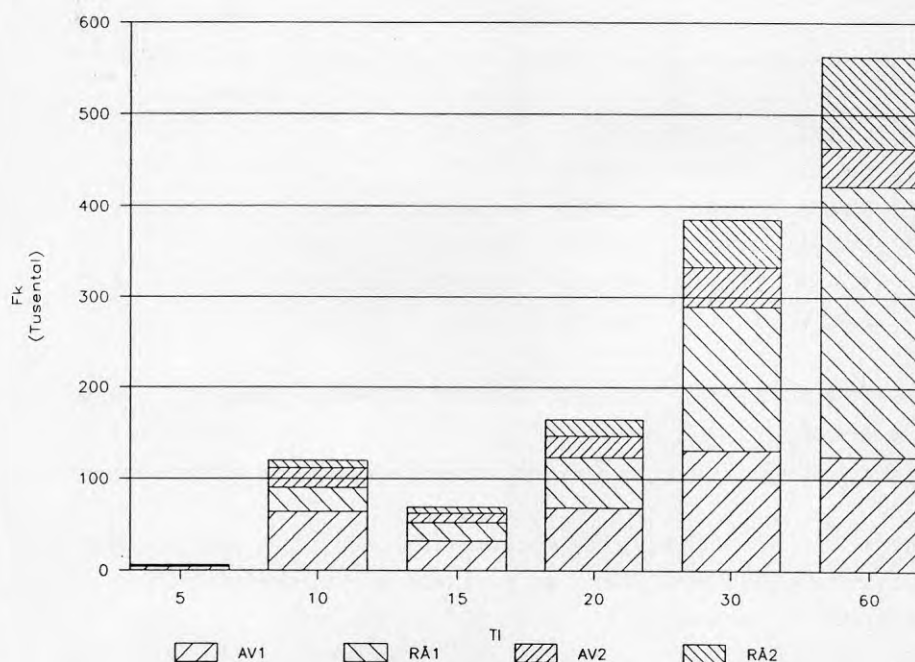
Den erforderliga hyresintäkten (1937762 kr) utslagen<sup>2</sup> på antalet lägenheter (34 st) med en genomsnittlig yta av 70 m<sup>2</sup> ger en erforderlig hyresintäkt per år och lägenhet på 56993 kr. Utslaget per månad blir detta 4749 kr per lägenhet.

Detta är således den verkliga boendekostnaden exklusive räntesubventioner och eventuella bostadsbidrag.

Det skall dock återigen påpekas att det i ovanstående belopp ej

ingår några kostnader från huvudgrupperna 0 Projektering, 1 Markanläggningar, 2 Reserverad, 4 Inredning, utrustning, processinstallationer och 8 Styr- och övervakningssystem, se kapitel 10.1, samt att den erforderliga hyresintäkten ej inkluderar ägarens krav på vinst.

I figur 27 visas första årets kostnader för avskrivningar och räntor uppdelat på tidsintervall och skuldandelar för bostadsfastigheten totalt.



Figur 27. Avskrivningar och räntekostnader år 1 (1987), totalt

Ur figur 27 kan man därvid se att kapitalkostnaderna, helt följdriktigt, är relaterade till skuldandelen och störst vid tidsintervallen 30 och 60.

I tabell 10 visas vidare en prognos för hela bostadsfastigheten för år 3.

Tabell 10. Kostnadsprognos år 3 (1989), totalt

PROGNOS							INTÄKT
ÅR 3	KOSTNADER						
1989							
TOTALT	AV1	RÄ1	AV2	RÄ2	Årsk	Årsk	RÄ, res
TI							
1						676516	
5	4304	516	1435	172	0		
10	69631	22282	23210	7427	0		
15	35052	18227	11684	6076	333		
20	74476	53622	24825	17874	0		
30	142339	159419	47446	53140	2136		
60	134351	311695	44784	103898	30		
SUM	460152	565762	153384	188587	2499	676516	300
Hi	2046600						

Tabell 10 ger således, på motsvarande sätt som vid beräkningen av första årets resultat, en prognos av kostnadsutfallet och en erforderlig hyresintäkt för år 3.

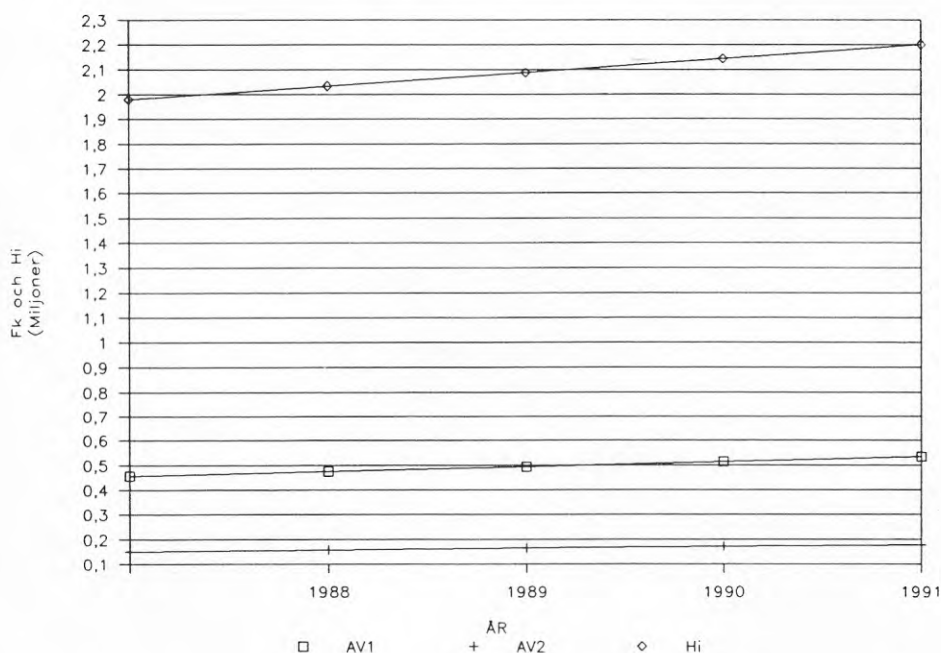
I tabell 11 visas en tablå över de fem första årens förvaltningskostnader och erforderliga hyresintäkter, inklusive årsmedelvärdet ( $\mu$ ) och standardavvikelsen ( $\sigma$ ) för de olika kostnadskomponenterna och de erforderliga hyresintäkterna under femårsperioden.

Tabell 11. Kostnadstablå år 1-5 (1987-1991), totalt

TABLÅ ÅR	1	2	3	4	5	MED	STD
RESULTAT 1987							
PROGNOS		1988	1989	1990	1991	$\mu$	$\sigma$
TOTALT							
K/I							
AV1	425437	442454	460152	478559	497701	460861	25552
RÄ1	557113	561700	565762	569250	572112	565187	5332
AV2	141812	147485	153384	159520	165900	153620	8517
RÄ2	185704	187233	188587	189750	190704	188396	1777
Årsk	2310	2403	2499	2599	2703	2503	139
Årsk	625477	650496	676516	703576	731719	677557	37567
RÄ, res	92	196	300	408	521	303	151
Hi	1937762	1991575	2046600	2102845	2160318	2047820	78691

Ur tabell 11 kan man således i en översiktstablå snabbt få en uppfattning om hur kapitalkostnaderna, årskostnaderna och den erforderliga hyresintäkten kommer att utvecklas under de fem första åren.

I figur 28 visas i en tablå hur avskrivningarna (AV1 och AV2) samt erforderlig hyresintäkt (Hi) utvecklas under de fem första åren.



Figur 28. Avskrivningar och erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), totalt

Ur figur 28 kan man t ex se hur stor del av den erforderliga hyresintäkten som utgörs av avskrivningar och på vilket sätt som avskrivningar och erforderlig hyresintäkt kommer att utvecklas under de fem första åren.

De i kapitlen 10.1 och 10.2 redovisade figurerna och tabellerna kan och bör givetvis, förutom under projekteringsskedet, även användas under förvaltningsskedet samt som underlag vid erfarenhetsåterföring till andra liknande byggnadsobjekt.

## 11 KOSTNADSANALYS

### 11.1 Analysförutsättningar

#### Parameterstörningar

LCC-modellens känslighet studeras medelst störningar av de indata och kalkylelement som ligger till grund för val av olika komponenter, LCC-matriserna på de olika systemnivåerna och de årliga förvaltningskostnaderna under byggnadens livscykel.

De parametrar som varierar är å-priserna (materialkostnaderna) för de olika kostnadsslagens aktiviteter, de olika komponenternas livslängder och underhållsintervall, byggnadens brukstid, den reala kalkylräntan och kostnadsutvecklingen.

För att jämföra kostnader vid olika tidpunkter under en byggnads livscykel erfordras det att kostnaderna diskonteras med hjälp av en kalkylränta, se kapitel 4.3. Genom att räntan påverkas av kostnadsutvecklingen och av olika finansiella faktorer är det lämpligt att utföra kalkyleringen för ett antal alternativa värden på kalkylräntefoten, jfr Stone (1967) och Hansson (1979).

Kostnaderna för underhåll och drift har ökat mer än KPI under 1970- och 1980-talet, se kapitel 1.2. Den reella kostnadsutvecklingen har för driftkostnaderna varit 2-3% per år och för underhåll 1-2 % per år, jfr Mattsson och Söderberg (1983). Den reella kostnadsutvecklingen för återanskaffning, underhåll och drift, gentemot KPI, beaktas genom att anta en reell kostnadsutveckling för återanskaffning och underhåll på 1% och för drift på 2%.

Känsligheten kan beaktas genom att de aktuella parametrarna tilldelas en uppsättning av värden som svarar mot dess troliga utfall, jfr Mathur (1982) och Wilson (1982). Störningarna uppnås således genom att låta de olika parametrarna anta värden som är högre respektive lägre än vad som antogs i kalkylförutsättningarna för kostnadskalkyleringen, se kapitel 10.1.



Kunskap om känsligheten i kostnaderna, som en funktion av de ingående parametrarna, ger projektörerna en nyttig vägledning både vid byggnadsutformningen och vid mer detaljerade projekteringslösningar, jfr Taylor (1983).

### Simuleringsteknik

Simulering har ingen entydig definition utan betyder att man med modellexperiment vill efterlikna ett systems beteende. Det kan man göra genom att i den avbildade modellen variera indata och modellparametrar så att de eftersökta storheterna påverkas på olika sätt. Utvärderingen kan leda till att modellen revideras och de uppställda sambanden blir föremål för en annan bedömning. Resultatet kan därefter utmynna i en formulering av hypoteser för framtida studier eller utgöra underlag för den praktiska tillämpningen.

Sannolikheten kan skattas på i stort sett två sätt, antingen från empiriska data och relativa frekvenser eller genom subjektiva engångsskattningar. Vilken metod som är tillförlitligast i detta sammanhang råder det delade meningar och viss osäkerhet om, se kapitel 4.2.

Olika vetenskapsmän har skilda åsikter om hur sannolikheten bör bestämmas. Enligt de Finetti (1974) så existerar det ej någon objektiv sannolikhet utan sannolikheten är en beskrivning av individens subjektiva verklighetsuppfattning. Andra forskare har istället ställt sig tveksamma till subjektiva sannolikheter. Av detta kan man dra den slutsatsen att vid ansättning av sannolikheter är det viktigt att de resultat som framkommer vid modelllösningen visar sig vara trovärdiga.

För att basera sannolikheten på relativa frekvenser krävs det tillgång till ett stort antal variabelobservationer. Dessutom skall datavärdena vara jämförbara med den situation som den uppställda modellen representerar. Detta faktum medför att sannolikhetsfördelningar baserade på relativa frekvenser ej är att föredra i denna studie.

Vid investeringsbedömningar har Hertz (1964) beskrivit en riskanalysmodell (RA-modell) där man med hjälp av Monte Carlo-simulering kan beräkna riskprofiler för olika investeringsobjekts avkastningsgrad. Hur simuleringstekniken går till och hur sambanden mellan parametervärden, slumpvariabler och slumpstal för, den vid ekonomiska problem väl lämpade, triangulärfördelningen ser ut har beskrivits av bl a Abrahamsson (1978) och Björnsson (1978).

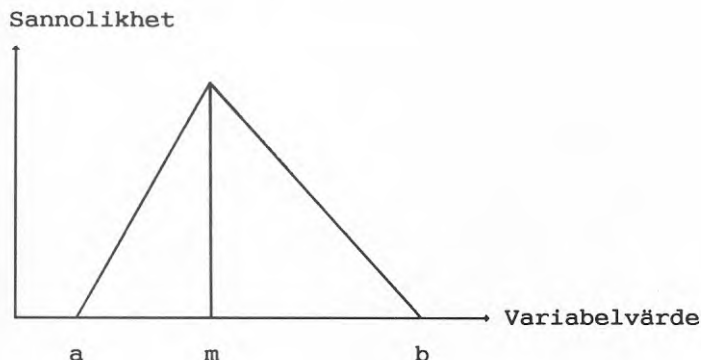
Simulering med Monte Carlo-teknik innebär att man med hjälp av en slumpstalsgenerator, med en likformigt fördelad variabel över intervallet  $(0,1)$ , bestämmer slumpvariabeln ur den valda sannolikhetsfördelningen. Med stöd av centrala gränsvärdessatsen erhålls, efter ett antal simuleringssomgångar, en sannolikhetsfördelning över kostnadsutfallet som, oberoende av fördelning på de ingående variablerna, blir normalfördelad  $(0,1)$ .

Slumpvariabeln  $(y)$  har frekvensfunktionen  $f(y)$  och fördelningsfunktionen  $F(y)$ . Slumptalet  $x$  representerar ett värde ur denna fördelningsfunktion. Både  $x$  och  $F(y)$  antas variera över intervallet  $(0,1)$ . Det ger att  $x = F(y)$  vilket medför att

$$y^{-1} = F(x).$$

Triangulärfördelningen är entydigt bestämd av värdena  $a$ ,  $m$  och  $b$ . Dessa representerar den aktuella variabelns max-, mest troliga- respektive minvärde.

I figur 29 nedan visas hur triangulärfördelningens frekvensfunktion ser ut.



Figur 29. Triangulärfördelningens frekvensfunktion  
(Källa: Björnsson 1978)

Triangulärfördelningen har följande uttryck för väntevärde ( $E(x)$ ) och varians ( $\sigma^2$ ).

$$E(x) = \frac{a + m + b}{3}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{18} ((b - a)^2 + (b - a)(a - m))$$

Parametervärdena skattas subjektivt med hänsyn taget till de studier som har utförts, befintlig statistik och vad forskare och bransch-kunniga personer förespråkar och rekommenderar, se kapitel 5.1.

LCC i samband med känslighetsanalyser och Monte Carlo-simuleringar har i praktiken behandlats utförligt och detaljerat av t ex Flanagan m fl (1987). Monte Carlo-simulering används dock ofta okritiskt, jfr Raftery (1984). Det gäller bl a det i byggsammanhang sällan giltiga antagandet att de simulerade händelserna är oberoende och att normal- och rektangulärfördelningar ofta används med antaganden som ej är helt korrekta.

## 11.2 Känslighets- och simuleringsanalys

Årskostnader

Årskostnaderna för komponenterna 355 och 500 studeras medelst störningar av parametrarna å-pris alternativt underentreprenadkostnad (UE), underhållsintervall (UI), teknisk livslängd (N) och den reala räntefaktorn (r).

I tabell 12 anges de olika parametrarnas mest troliga värde (m) och en avvikelse runt detta värde med 10% respektive 20% åt vardera hållet.

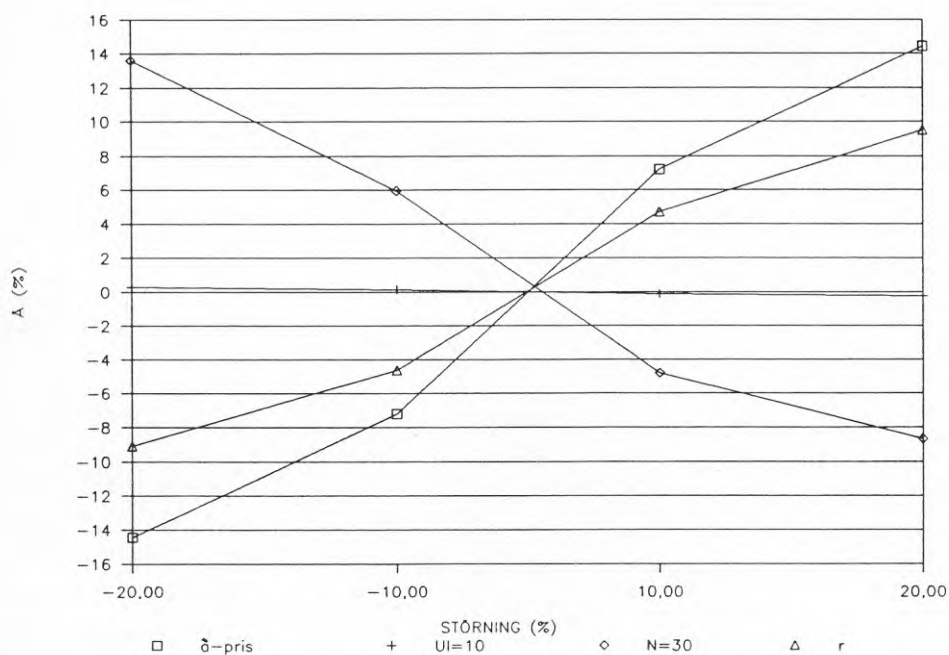
Tabell 12. Parametervärden å-pris, UE, UI, N och r

Värde	-20%	-10%	m	+10%	+20%
Parameter					
å-pris och UE	0,8*m	0,9*m	1,0*m	1,1*m	1,2*m
UI = 5	4	4,5	5	5,5	6
UI = 10	8	9	10	11	12
UI = 15	12	13,5	15	16,5	18
UI = 20	16	18	20	22	24
UI = 30	24	27	30	33	36
N = 60	48	54	60	66	72
r	3,2	3,6	4	4,4	4,8

I tabellerna 13 och 14 och i figurerna 30 och 31 redovisas den procentuella inverkan på årskostnaden när de för byggdelen aktuella parametrarna varieras med 10% respektive 20% åt vardera hållet runt det vid kostnadskalkyleringen antagna värdet.

Tabell 13. Årskostnader byggdelen 355. Störning  
å-pris, UE, UI, N och r.

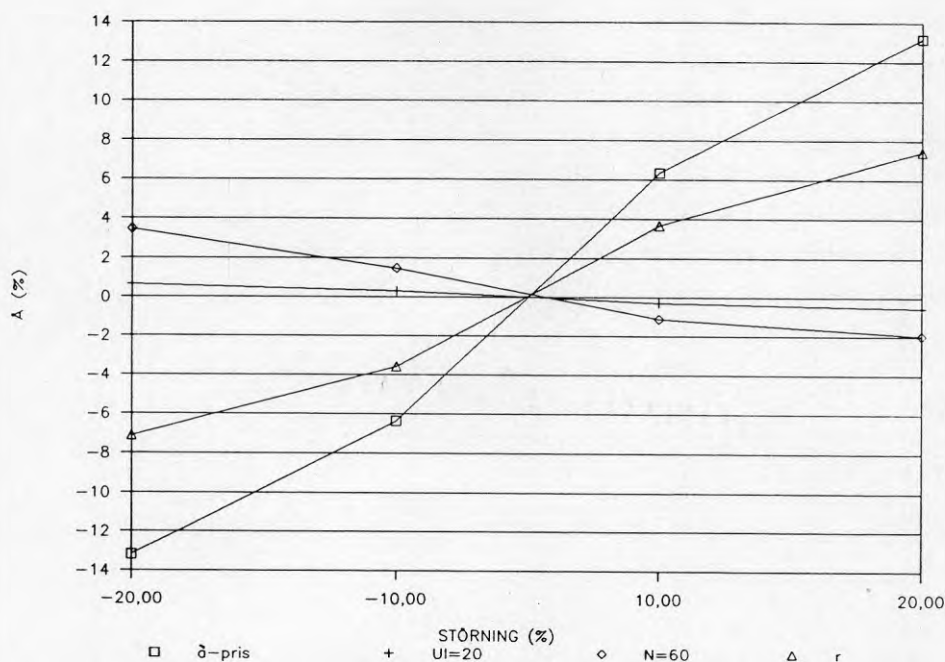
Störning	-20%	-10%	+10%	+20%
Parameter				
å-pris och UE	-14,4	- 7,2	7,2	14,4
UI = 10	0,3	0,1	- 0,1	- 0,3
N = 30	13,6	6,0	- 4,8	- 8,7
r	- 9,1	- 4,6	4,7	9,5



Figur 30. Årskostnader byggdelen 355. Störning å-pris, UE, UI, N och r

Tabell 14. Årskostnader byggdel 500. Störning  
å-pris, UE, UI, N och r

Störning	-20%	-10%	+10%	+20%
Parameter				
å-pris och UE	-13,2	- 6,4	6,4	13,2
UI = 20	0,6	0,3	- 0,3	- 0,5
N = 60	3,5	1,5	- 1,1	- 2,0
r	- 7,1	- 3,6	3,7	7,4



Figur 31. Årskostnader byggdel 500. Störning å-pris, UE, UI, N  
och r

### LCC-matriser

Störningar av å-priset görs för byggdel 355

Öppningskompletteringar med avseende på förändringar i

LCC-matriserna för produkt 35,10 Ytterväggar, huvudgrupp 3,10

Hus och produkt 1,0. Därefter störs samtliga byggdelar



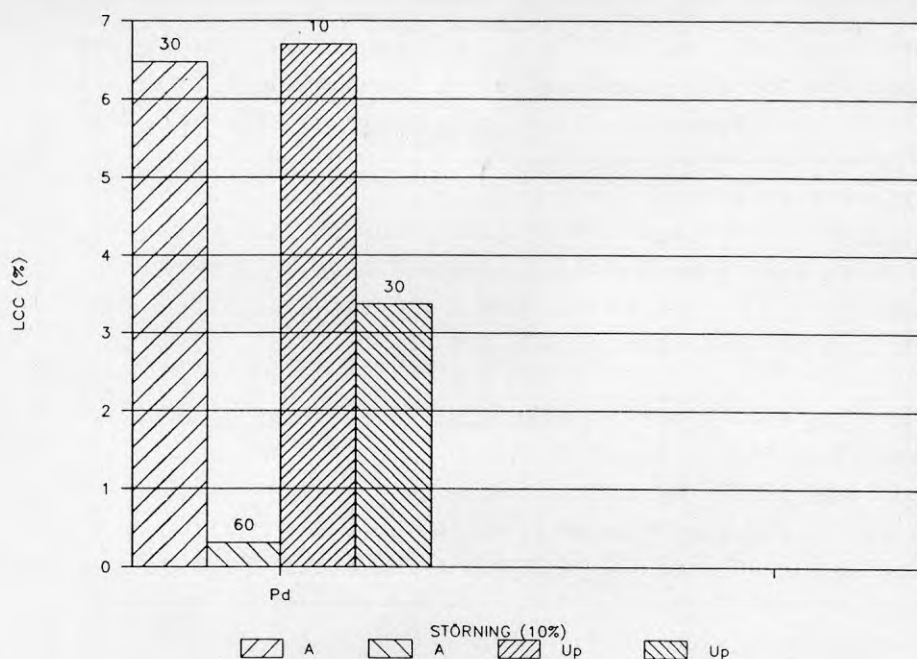
tillhörande produkt del 35,10 med avseende på återverkningarna för produkt del 35,10, huvudgrupp 3,10 och produkt 1,0.

Störningarna görs genom att ändra å-priset och UE-kostnaden för samtliga kostnadsslag vid respektive tidsintervall med 10% och studera den procentuella avvikelsen gentemot den ursprungliga kostnadsnivån. Begreppet tidsintervall (TI) är därvid den gemensamma benämningen för underhållsintervall (UI), teknisk livslängd (N) och brukstid (T), se kapitel 8.2.

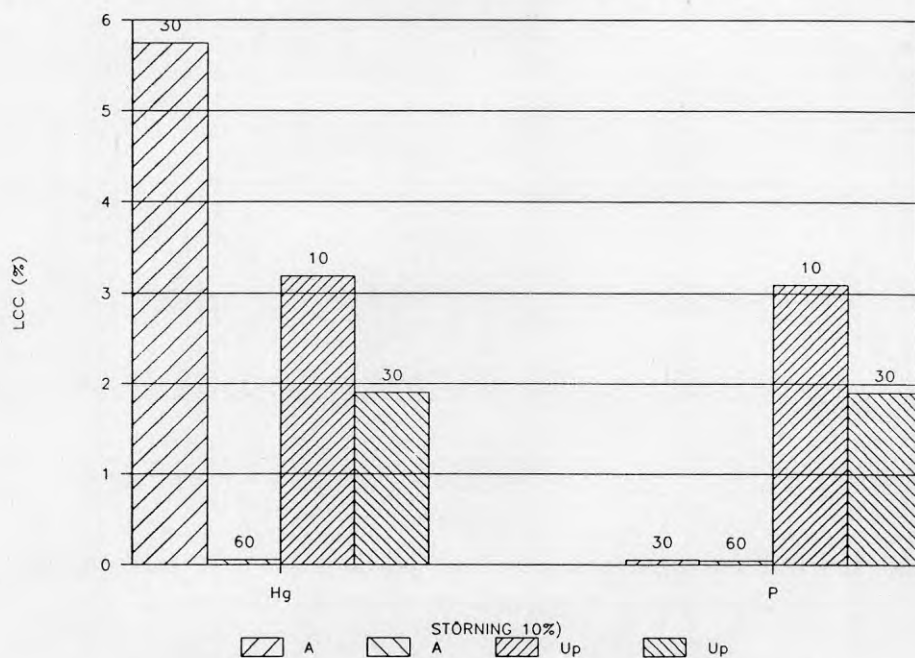
Resultatet av känslighetsanalyserna visas nedan i tabellerna 15-16 och i figurerna 32-34.

Tabell 15. LCC för produkt del 35,10, huvudgrupp 3,10 och produkt 1,0. Störning byggdel 355

Störning 10%			
K-slag, TI	Pd 35,10	Hg 3,10	P 1,0
A, TI = 30	6,5	5,7	0,1
TI = 60	0,3	0,1	0
Up, TI = 10	6,7	3,2	3,1
Ua, TI = 30	3,4	1,9	1,9



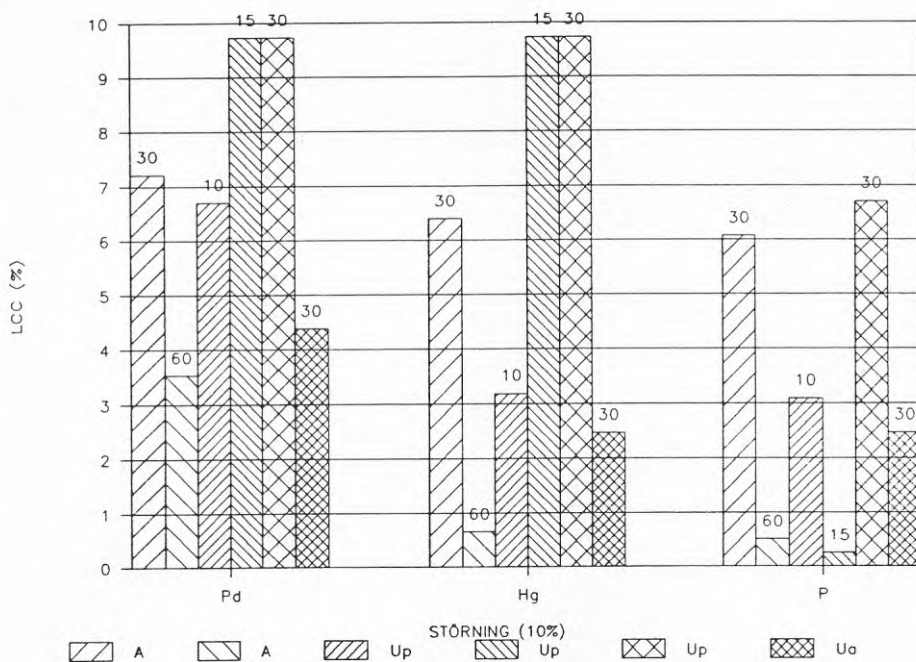
Figur 32. LCC för produkt del 35,10. Störning byggdel 355



Figur 33. LCC för huvudgrupp 3,10 och produkt 1,0. Störning byggdel 355

Tabell 16. LCC för produkt del 35,10, huvudgrupp 3,10 och produkt 1,0. Störning byggdelarna 350-359

Störning 10%			
K-slag, TI	Pd 35,10	Hg 3,10	P 1,0
A, TI = 30	7,2	6,4	6,1
TI = 60	3,5	0,7	0,5
Up, TI = 10	6,7	3,2	3,1
TI = 15	9,7	9,7	0,2
TI = 30	9,7	9,7	6,7
Ua, TI = 30	4,4	2,5	2,5



Figur 34. LCC för produkt del 35,10, huvudgrupp 3,10 och produkt 1,0. Störning byggdelarna 350-359

### Förvaltningskostnader

Störningar av förvaltningskostnaderna görs enligt de

parametervärden som har angivits i tabell 12. Tillkommer gör störningar av KPI med 10% respektive 20% runt respektive kostnadsslags mest troliga värde (m) enligt tabell 17 nedan.

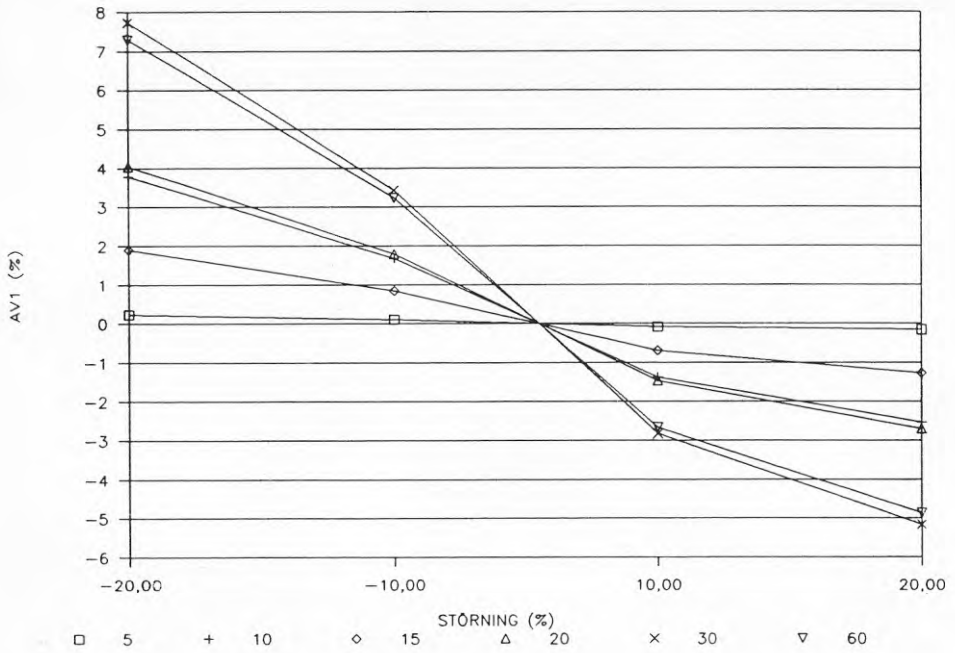
Tabell 17. Parametervärden KPI

Värde	-20%	-10%	m	+10%	+20%
Parameter					
KPI(A)	3,2	3,6	4	4,4	4,8
KPI(U)	4	4,5	5	5,5	6
KPI(D)	4,8	5,4	6	6,6	7,2

I tabell 18 och i figur 35 visas hur summa avskrivningar 1 (AV1) för de olika tidsintervallen förändras procentuellt genom störningar av TI med 10% respektive 20% åt vardera hållet runt det mest troliga värdet.

Tabell 18. Summa avskrivningar 1 (AV1) år 1  
(1987), totalt. Störning TI = 5-60

Störning	-20%	-10%	+10%	+20%
Parameter				
TI = 5	0,2	0,1	- 0,1	- 0,2
= 10	3,8	1,7	- 1,4	- 2,5
= 15	1,9	0,8	- 0,7	- 1,3
= 20	4,0	1,8	- 1,5	- 2,7
= 30	7,7	3,4	- 2,8	- 5,2
= 60	7,3	3,2	- 2,7	- 4,9



Figur 35. Summa avskrivningar 1 (AV1) år 1 (1987), totalt.  
Störning TI = 5-60

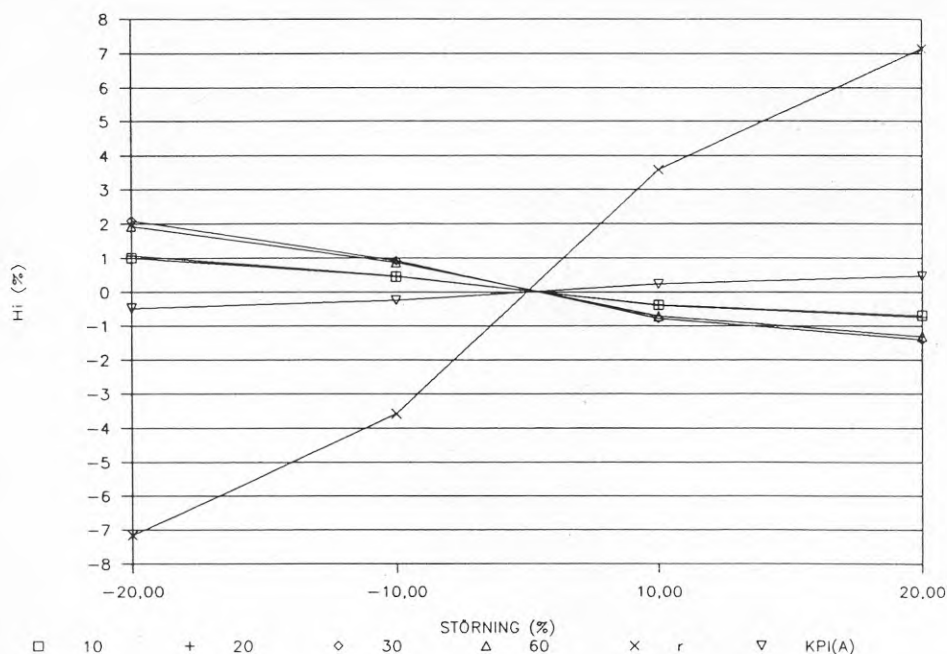
I tabell 19 och i figur 36 visas hur prognosen för den erforderliga hyresintäkten år 4 förändras procentuellt genom motsvarande störningar i TI, r och KPI.

Tabell 19. Erforderlig hyresintäkt år 4 (1990), totalt.

Störning TI = 5-60, r och KPI(A,U,D)

Störning	-20%	-10%	+10%	+20%
Parameter				
TI = 5	0,06	0,03	- 0,03	- 0,04
= 10	1,01	0,45	- 0,37	- 0,67
= 15	0,51	0,23	- 0,19	- 0,34
= 20	1,07	0,48	- 0,39	- 0,72
= 30	2,09	0,93	- 0,76	- 1,39
= 60	1,94	0,86	- 0,70	- 1,29
r	- 7,15	- 3,58	3,58	7,16
KPI(A)	- 0,47	- 0,23	0,23	0,47
KPI(U)	- 0,05	- 0,03	0,03	0,05
KPI(D)	- 0,38	- 0,19	0,19	0,38





Figur 36. Erforderlig hyresintäkt år 4 (1990), totalt. Störning TI, r och KPI(A)

Simuleringarna görs i LCC-matrisen på produktnivån vilket innebär att samtliga byggdelskomponenter behandlas likvärdigt vid varje simuleringsomgång.

De stokastiska variablernas fördelningsfunktioner bygger på samma parametervärden som vid känslighetsanalyserna, se tabell 12. Skillnaderna ligger i att indataparametrarna  $\dot{a}$ -pris och UE-kostnader ej simuleras, att KPI sätts lika för samtliga kostnadsslag och att tidsintervall (TI) är den gemensamma benämningen för UI, N och T. Vidare antas till skillnad från kalkylförutsättningarna, se kapitel 10.1, att den nominella räntefoten ( $q$ ) är konstant och att den reala räntefoten ( $r$ ) varierar. Slumpvariablerna antas således bestå av de kalkylelement som anses ha den största betydelsen för byggnadens kostnader under livscykeln.

I tabell 20 visas triangulärfördelningens parametrar för de vid Monte Carlo-simuleringen utvalda slumpvariablerna.

Tabell 20. Parametervärden, slumpvariabler

Extremvärden Slumpvariabler (y)	a	m	b
TI = 5	4	5	6
TI = 10	8	10	12
TI = 15	12	15	18
TI = 20	16	20	24
TI = 30	24	30	36
TI = 60	48	60	72
r	3,2	4	4,8
KPI	3,2	4	4,8

Simuleringarna görs med avseende på de totala förvaltningskostnaderna år 1, avskrivningar 1 år 3, räntekostnader 1 år 5 och de erforderliga hyresintäkterna under de fem första åren för att se på vilket sätt som slumpvariablerna påverkar kostnaderna under förvaltningsskedet.

Simuleringarna utförs både med och utan korrelation mellan de ingående variablerna. Det innebär att tidsintervallen förskjuts dels i samma riktning och med samma storlek dels helt oberoende av varandra. I verkligheten kan man t ex tänka sig att samtliga återanskaffningar och underhållsåtgärder sker antingen tidigare än beräknat eller senare än beräknat. Det kan dock även tänkas att olika underhållsinsatser är helt oberoende av varandra och framförallt oberoende av återanskaffningar långt fram i tiden, t ex om 30 år.

Resultaten från ett antal av 100 simuleringsomgångar redovisas i frekvens- och trenddiagram nedan (figurerna 37-45) och i bilaga 4 (figurerna 46-54).

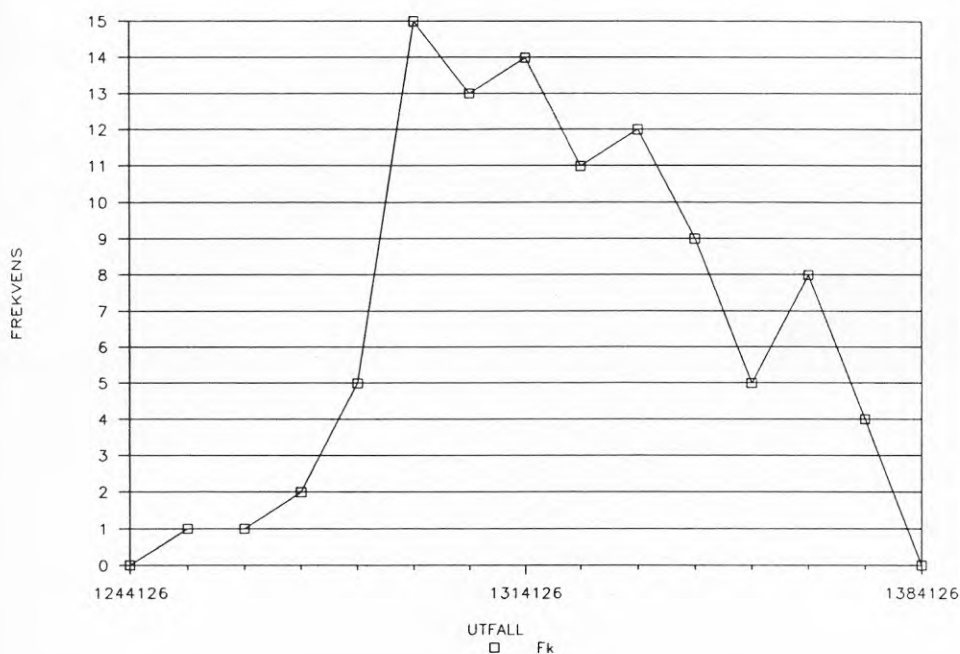
Simuleringarna inleds med att olika slumpantal ansätts på

slumpvariablerna  $TI = 5-60$ . Tidsintervallen antas således vara oberoende av varandra. Detta medför att det totala kostnadsutfallets medelvärde ( $\mu$ ) och varians ( $\sigma^2$ ) är lika med summan av de ingående variablernas ( $TI$ ) medelvärden och varianser enligt följande, jfr t ex Yamane (1967):

$$\mu = \sum_{TI=5}^{60} \mu(TI)$$

$$\sigma^2 = \sum_{TI=5}^{60} \sigma^2(TI)$$

I figur 37 visas ett frekvensdiagram över kostnadsutfallet år 1.



Figur 37. Förvaltningskostnader år 1 (1987), totalt.

Slumpvariabler:  $TI = 5-60$

Ur figur 37 kan man således, genom att tidsintervallen slumpas okorrelerat d v s oberoende av varandra, utläsa ett approximativt normalfördelat frekvensdiagram över första årets kostnadsutfall.

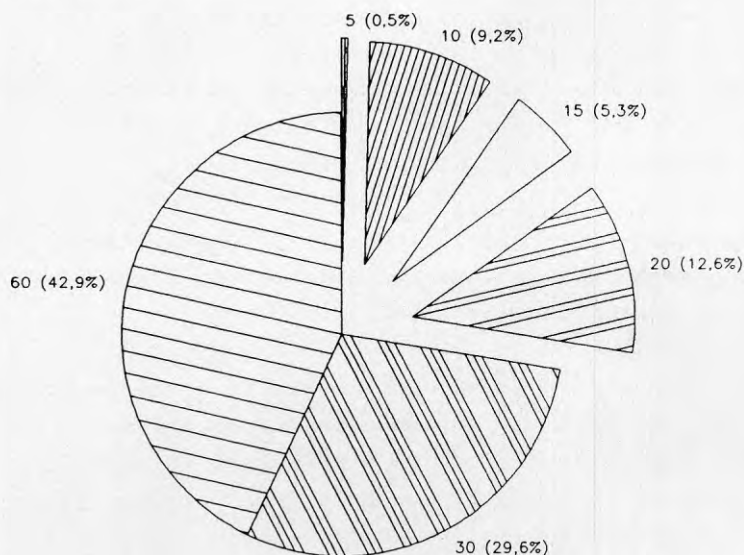
I tabell 21 redovisas medelvärdet ( $\mu$ ) och variansen ( $\sigma^2$ ) för kostnadsutfallet vid de olika tidsintervallen i procent av det totala kostnadsutfallets medelvärde och varians.

Tabell 21. Medelvärden och varianser TI (%)

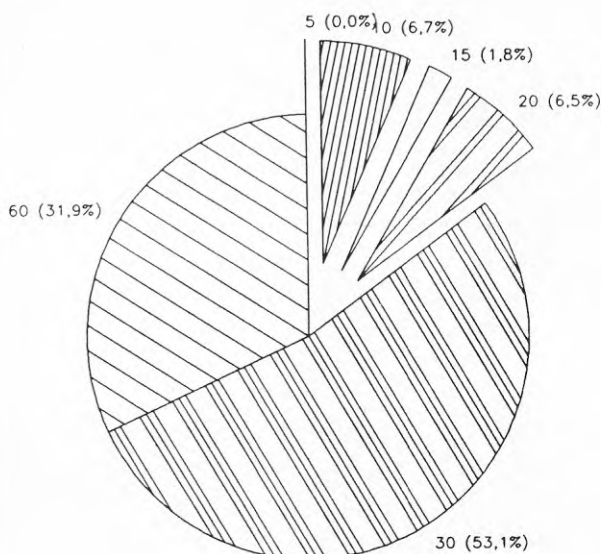
TI	5	10	15	20	30	60
$\mu$	0,48	9,23	5,30	12,55	29,56	42,88
$\sigma^2$	< 0,01	6,63	1,76	6,38	52,58	31,57

Ur tabell 21 kan man därvid snabbt se hur stor vikt som medelvärdet ( $\mu$ ) och variansen ( $\sigma^2$ ) för kostnadsutfallet vid olika tidsintervall har i förhållande till det totala kostnadsutfallets medelvärde och varians.

I figurerna 38 och 39 åskådliggörs de från tabell 21 redovisade medelvärdena respektive varianserna i s k sprängda cirkeldiagram.



Figur 38. Medelvärden TI = 5-60 (%)



Figur 39. Varianser TI = 5-60 (%)

De bägge figurerna visar tydligt de olika tidsintervallens betydelse i relation till såväl varandra som till helheten.

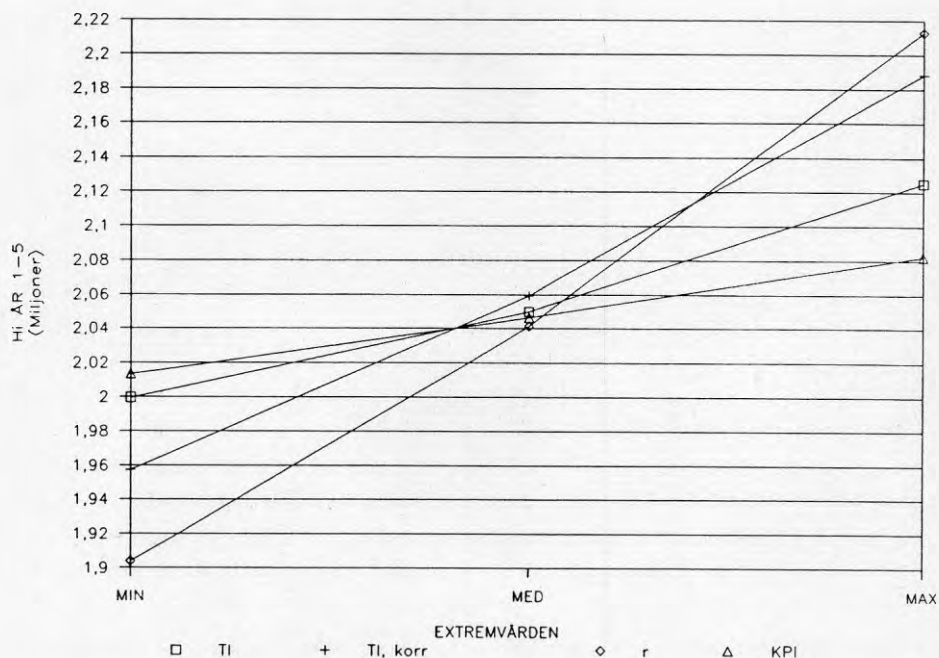
Därefter genomförs simuleringar av kostnadsutfallet år 1 med korrelation mellan tidsintervallen, se bilaga 4 (figur 46). Vidare simuleras kostnadsutfallet med avseende på extremvärden (max- och minvärden) för TI, TI, korr och r samt TI + r och TI + r, korr, se bilaga 4 (figurerna 47 och 48).

I bilaga 4 återfinns vidare simuleringar av prognosutfallet år 3 med avseende på summa avskrivningar 1 (AV1) och år 5 med avseende på summa räntekostnader 1 (RÄ1).

AV1 simuleras därvid både med och utan korrelation mellan TI (figurerna 49 och 50) samt med avseende på extremvärden för TI, TI, korr och KPI samt TI + KPI och TI + KPI, korr (figurerna 51-52). Simulering av RÄ1 görs genom att slumpa r (figur 53) och med avseende på extremvärden för r, KPI, r + KPI och r + KPI, korr (figur 54).

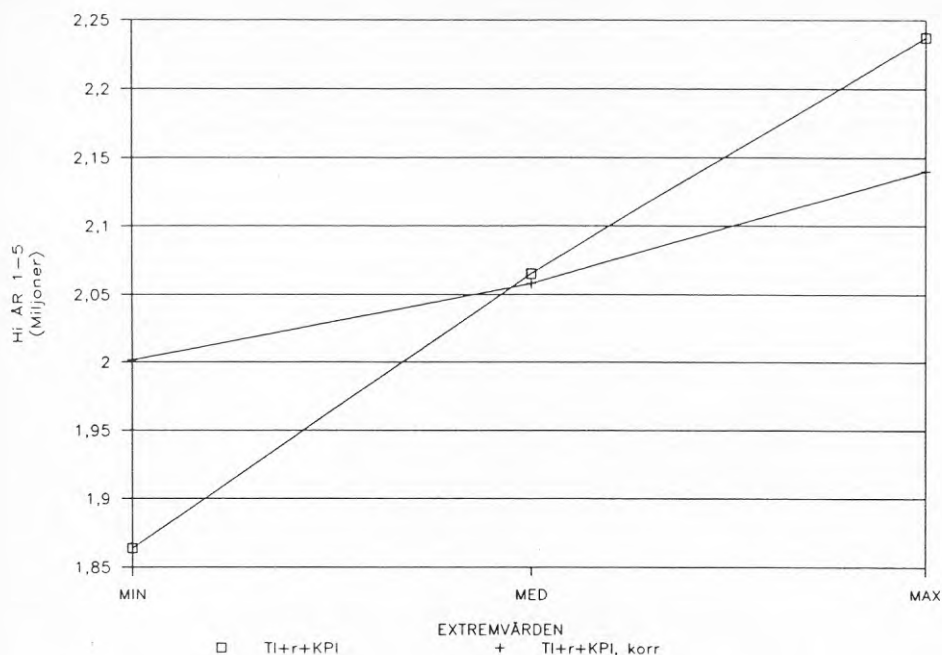
Slutligen simuleras också den erforderliga hyresintäkten under

de fem första åren med olika parametrar eller kombinationer av parametrar. I figurerna 40 och 41 nedan visas extremvärdena vid simuleringar av den genomsnittligt erforderliga hyresintäkten under de fem första åren för TI, TI, korr, r och KPI respektive TI + r + KPI och TI + r + KPI, korr.



Figur 40. Genomsnittlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI, TI, korr, r och KPI

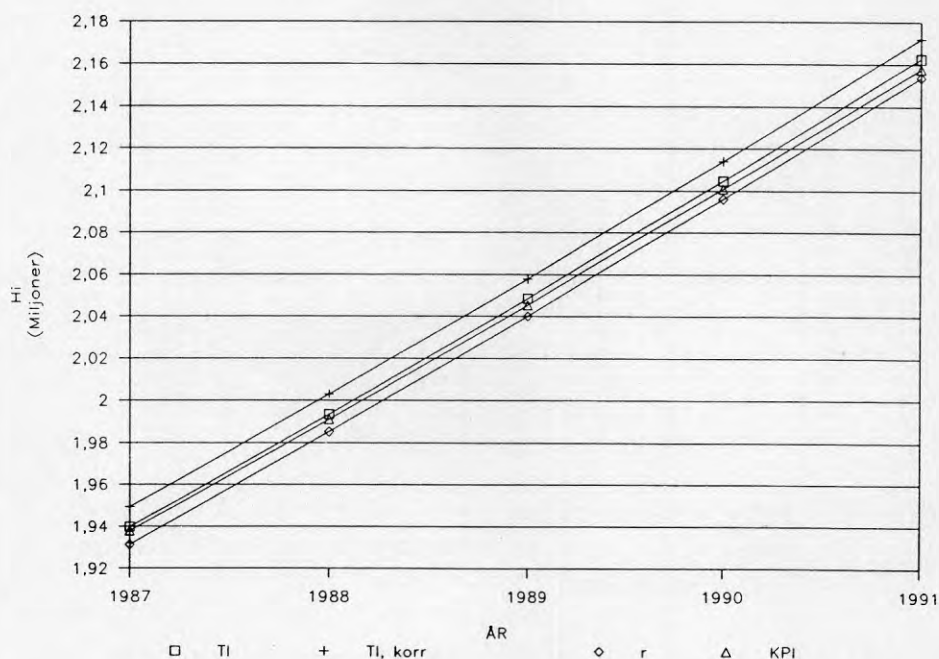




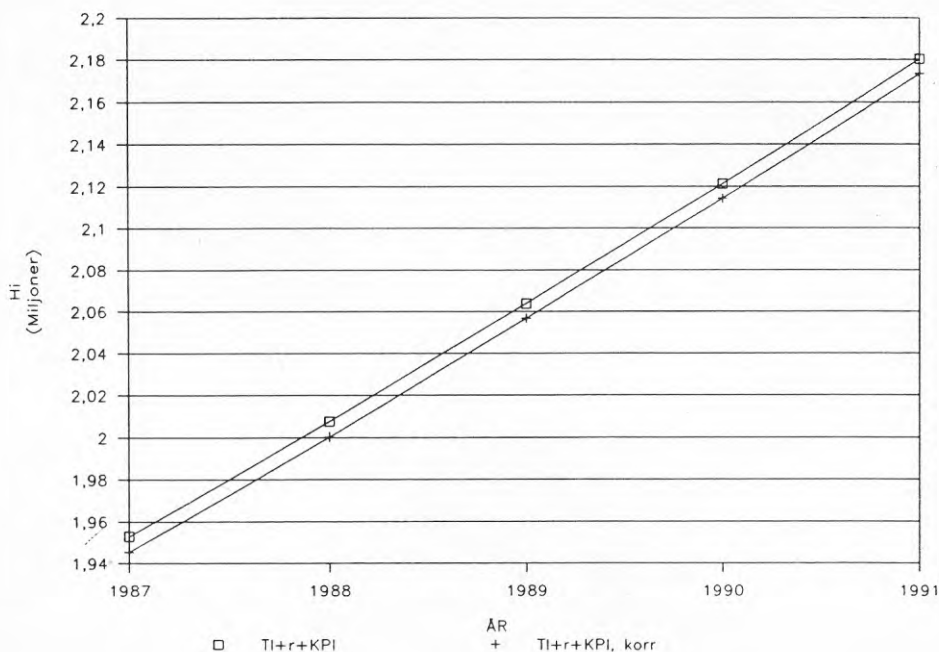
Figur 41. Genomsnittlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI + r + KPI och TI + r + KPI, korr

Ur figurerna 40 och 41 kan man utläsa vilken inverkan som olika slumpvariabler eller kombinationer av slumpvariabler, såväl korrelerade som okorrelerade, har på den genomsnittligt erforderliga hyresintäkts extremvärden.

I figurerna 42 och 43 nedan visas medelvärdena vid simulering av den årligt erforderliga hyresintäkten för de fem första åren för TI, TI, korr, r och KPI respektive TI + r + KPI och TI + r + KPI, korr.



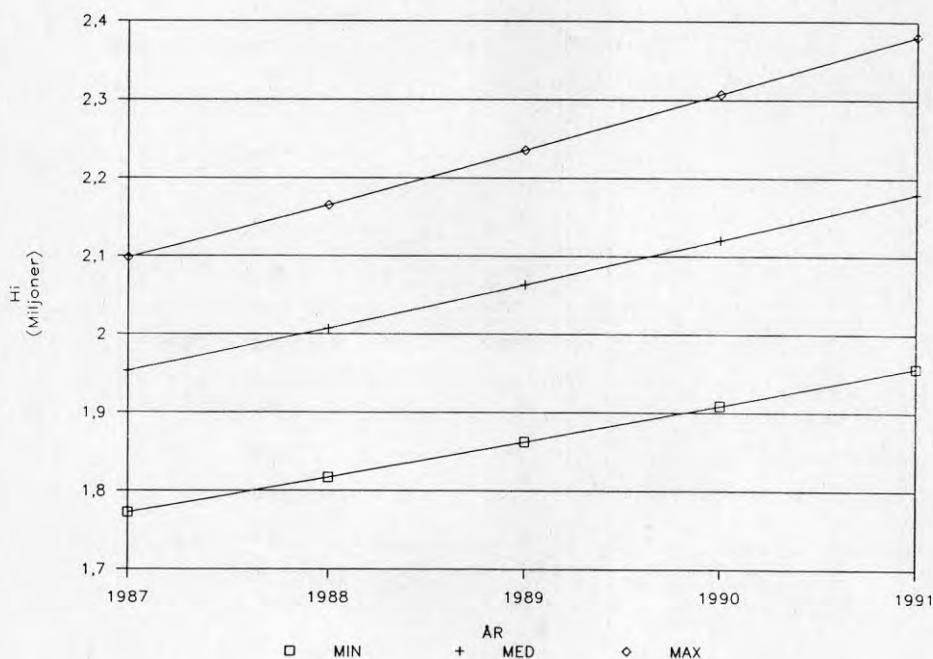
Figur 42. Årlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), medelvärden totalt. Slumpvariabler: TI, TI, korr, r, och KPI



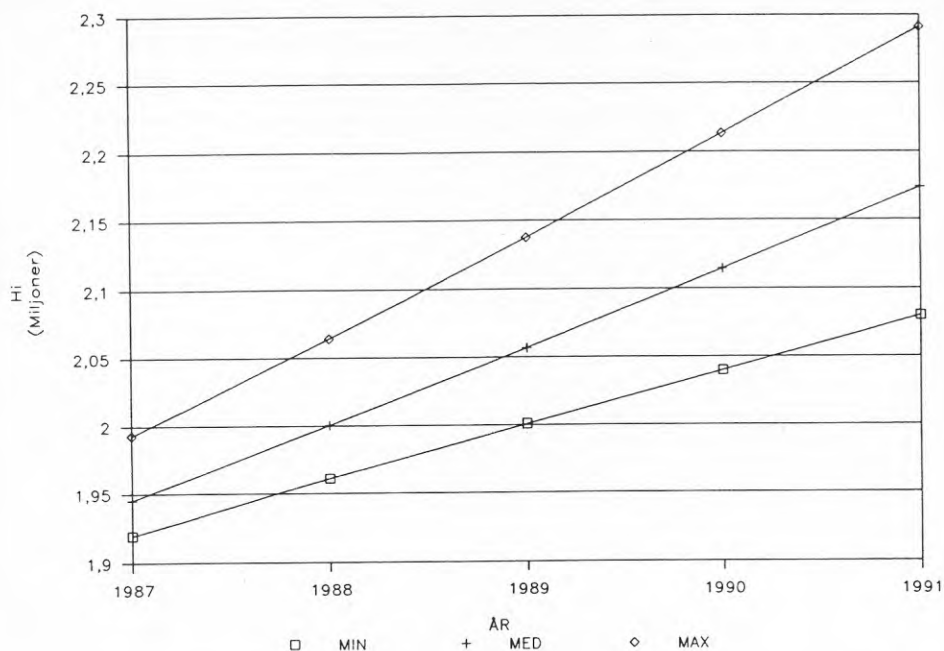
Figur 43. Årlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), medelvärden totalt. Slumpvariabler:  $TI + r + KPI$  och  $TI + r + KPI$ , korr

Ur figurerna 42 och 43 kan man, för olika slumpvariabler eller kombinationer av slumpvariabler, se hur den erforderliga hyresintäktens årsmedelvärden utvecklas under vart och ett av de fem första åren.

I figurerna 44 och 45 nedan visas extremvärdena vid simulering av den årligt erforderliga hyresintäkten under vart och ett av de fem första åren för  $TI + r + KPI$  respektive  $TI + r + KPI$ , korr.



Figur 44. Årlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), extremvärden totalt. Slumpvariabler:  $TI + r + KPI$



Figur 45. Årlig erforderlig hyresintäkt år 1-5 (1987-1991), extremvärden totalt. Slumpvariabler:  
 $TI + r + KPI$ , korr

Ur figurerna 44 och 45 kan man studera skillnaderna i utvecklingstakt, mellan korrelerade och okorrelerade kombinationer av slumpvariabler, för den årligt erforderliga hyresintäktens min-, medel- och maxvärden under vart och ett av de fem första åren.

I tabell 22 visas hur stor procentandel som standardavvikelsen ( $\sigma$ ) utgör av medelvärde ( $\mu$ ) vid simuleringar av de totala förvaltningskostnaderna år 1, avskrivningar 1 år 3 och den genomsnittliga hyresintäkten år 1-5 för både korrelerade och okorrelerade tidsintervall.

Tabell 22. Standardavvikelser (%)

Parameter	Kostnad		Intäkt
	Fk år 1	AV 1 år 3	Hi år 1-5
TI	2	5	1
TI, korr	4	9	2

Ur tabellen kan man t ex utläsa att standardavvikelsens andel av medelvärde endast är några procent för de totala förvaltningskostnaderna och att den genomgående är störst då tidsintervallen är korrelerade med varandra.

### 11.3 Utvärdering

#### Årskostnader

Val av komponenter till de olika byggdelarna baseras bl a på skillnaden i årskostnad mellan olika alternativa byggnadsutformningar. En störning av de för byggdelen aktuella parametrarnas värden med 10% respektive 20% runt ursprungsnivån ger t ex upphov till förändringar i årskostnadsnivån.

Helt analogt med investeringsbedömningarnas kalkylfilosofi kan man utläsa att årskostnaden är mest känslig för störningar av parametrar som infaller i början av livscykeln, t ex priser och korta livslängder, och minst känslig för förändringar av underhållsintervall och de livslängder som sammanfaller med byggnadens brukstid. Helt följdriktigt ser man också att årskostnaden förändras i samma riktning som störningen vid förändringar av å-pris, UE-kostnad och räntenivå men i motsatt



riktning som störningen vid variationer av underhållsintervall och livslängder.

I tabell 23 visas den maximala påverkan på årskostnaden för de i kalkylexemplet utvalda byggdelarna då den enskilda parametererna störs med 20%.

Tabell 23. Årskostnader. Maximal störningsprocent

Byggdel	355	500
å-pris och UE	14,4	13,2
UI = 10	0,3	
UI = 20		0,6
N = 30	13,6	
N = 60		3,5
r	9,5	7,4

Ur tabell 23 ser man t ex att en förskjutning av tidpunkt för underhållsåtgärder har en mycket liten påverkan på årskostnaden. Detta befäster därvid teorin om att tidpunkten för underhållsåtgärder bör anges inom ett intervall med en spännvidd av ca 20% runt det bedömda utgångsvärdet.

Det bör dock påpekas att underhållskostnadernas betydelse avtar beroende på att merparten av aktiviteterna för komponenten betraktas som återanskaffningar som infaller med jämna intervall under byggnadens brukstid, se kapitel 8.1. Detta innebär att en stor del av de kostnader som traditionellt har betraktats som underhållskostnader återfinns under kostnadsslaget anskaffning.

Studerar man tabell 23 ovan ser man att störningsprocenten är förhållandevis hög, 13,6% för N = 30 för byggdel 355. Denna procentsats gäller en förkortning av livslängden med 20% medan en förlängning av livslängden med 20% bara ger 8,7% i störning. Detta visar således att en förkortning av komponentens livslängd har en större negativ inverkan på årskostnaden än vad motsvarande förlängning har en positiv inverkan.

Om man för byggdel 355 istället antar att  $N = 60$  får man vid en förkortning av livslängden med 20% en maximal störningsprocent på 7%. Detta visar således att en förändring av byggnadens brukstid har en klart mindre betydelse än vad tidpunkten för återanskaffningar har.

Årskostnaden påverkas ca 70% av störningen för  $N = 30$ , ca 15% för  $N = 60$  och endast några få procentenheter för  $UI = 10$  och  $UI = 20$ . Således har, med den metodik som används i studien, begreppet tidsintervall för återanskaffningar, d v s komponentens livslängd i förhållande till begreppen underhållsintervall och brukstid, en avgörande betydelse för förändringar i årskostnadsnivån.

#### LCC-matriser

Vid störningar i å-priset och UE-kostnaden med 10% för samtliga kostnadsslag vid respektive tidsintervall för byggdel 355 blir störningens storlek störst för produktdelen 35,10 och minst för produkten 1,0. Skillnaden i störningens storlek mellan olika kostnadsslag vid olika tidsintervall hänger givetvis samman med hur stor del som de olika kostnadsposterna i LCC-matrisen för byggdel 355 utgör av motsvarande kostnadsposter i LCC-matriserna på de tre högre systemnivåerna.

Det visar sig t ex att kostnaderna för återanskaffning år 30 störs ca 6% för produkt 35,10 och huvudgrupp 3,10 men bara 0,1% för produkt 1,0 medan kostnaderna för anskaffning ( $TI = 60$ ) endast påverkas med 0-0,3% på de tre systemnivåerna. När det gäller det planerade underhållet vid år 10 är störningen nästan 7% för produkt 35,10 medan den är ungefär hälften så stor för både huvudgrupp 3,10 och produkt 1,0. Liknande utveckling som det planerade underhållet uppvisar det avhjälpande underhållet med den skillnaden att påverkan endast är ca hälften så stor d v s drygt 3% på produktelnivån och alldeles under 2% på huvudgrupps- och produktnivån.

När istället samtliga byggdelar tillhörande produkt 35,10 störs med 10% blir naturligtvis återverkningarna på de högre

systemnivåerna kraftigare. Störningarna inom produktdelen 35,10 ligger mellan 3,5% för anskaffning (TI = 60) och 9,7% för planerat underhåll (TI = 15 och 30). Avgörande är, som tidigare nämnts, hur stor andel som produktdelens kostnader utgör av de totala kostnaderna för produkten.

Återverkningarna på huvudgrupps- och produktnivån blir också följdriktigt större då ett flertal byggdelar berörs. Kostnaderna för återanskaffning (TI = 30) störs därvid med ca 6% medan kostnaderna för anskaffning (TI = 60) fortfarande påverkas marginellt, knappt 1%, på de bägge högre nivåerna. Underhållet uppvisar olika störningstal beroende på tidsintervall.

Det planerade underhållet vid år 10 störs därvid med knappt 7% på produktelnivån och ungefär 3% på de högre nivåerna, det planerade underhållet vid år 15 påverkas nästan 10% på både produktelnivån och huvudgruppsnivån men endast försumbart (0,2%) på produktnivån medan det planerade underhållet med tidsintervallet 30 år uppvisar en förhållandevis jämn störning, mellan 6,7% och 9,7%, på de olika systemnivåerna. Det avhjälpande underhållet slutligen uppvisar samma trend som vid föregående känslighetsanalys, dock med upptill 1% högre värden på de olika systemnivåerna.

Det visar sig således att störningar av å-pris och UE-kostnader ger upphov till mycket olika utfall dels mellan olika kostnadsslag och tidsintervall dels mellan de olika systemnivåerna. Återverkningarna blir dock som mest lika stora som störningarna av å-pris och UE-kostnad och för flertalet kostnadsposter klart lägre.

#### Förvaltningskostnader

De årliga förvaltningskostnaderna har analyserats både med störningar av enstaka parametrar var för sig och med Monte Carlo-simuleringar, både med och utan korrelation mellan de ingående variablerna.

Vid störningsanalyserna har tidsintervallen (TI) t ex varierats med avseende på förändringar i kostnaderna för avskrivningar år

1 av det kapital som har erhållits genom upptagna krediter (S1) och som utgör 75% av det totala kapitalet, se kapitlen 8.2 och 10.1. Tidsintervallen har störts med 10% respektive 20% åt vardera hållet runt det mest troliga värdet.

De procentuella förändringarna för avskrivningsbeloppen är vid samtliga tidsintervall, på samma sätt som vid tidigare känslighetsanalyser, givetvis mindre än störningen i sig och relaterad till storleken av de olika tidsintervallens avskrivningsbelopp. Den största påverkan ligger därvid på ca 7% då avskrivningstiderna 30 och 60 år minskas med 20%. En lika stor påverkan på femårsintervallet ger bara 0,2% inverkan på avskrivningsbeloppet. Övriga avskrivningsbelopp påverkas i storleksordningen 1-5% och mest vid en minskning av tidsintervallen. Avskrivningarna under förvaltningsskedet är således ej speciellt känsliga för störningar av tidsintervall.

Känsligheten för störningar av tidsintervall, räntesats och varierande kostnadsutveckling för de olika kostnadsslagen har vidare studerats för den erforderliga hyresintäkten år 4. Analysen visar t ex att:

- den erforderliga hyresintäkten påverkas försumbart vid variationer av tidsintervallen 5-20 och med bara 1-2% vid variationer av 30- och 60-årsintervallen.
- den erforderliga hyresintäkten påverkas mest av räntesatsen, ca 30% av störningen och mindre än 1% vid störningar av KPI.

Detta visar att osäkerheten i angivna tidsparametrar som brukstid, livslängder och underhållsintervall ej har någon avgörande inverkan på den erforderliga hyresintäktens storlek. Vidare ser man att hyresintäkten är klart känsligare för ränteförändringar än för justeringar av KPI.

Simuleringsanalyserna utfördes för de totala förvaltningskostnaderna, kostnaderna för avskrivningar och räntor samt för hyresintäkterna, både med och utan korrelation mellan de utvalda parametrarna (slumpvariablerna), se kapitel 11.2.

Simulering av kostnaderna utan korrelation mellan parametrarna ger frekvensdiagram som i stort sett uppvisar ett normalfördelat utfall medan simulering med korrelation mellan parametrarna ger diagram där utfallsfrekvensen pendlar kraftigt runt medelvärdet.

Vid simulering av de totala förvaltningskostnaderna år 1 utan korrelation mellan tidsintervallen visar det sig att medelvärden ( $\mu$ ) och varianser ( $\sigma^2$ ) följs åt relativt sett förutom för 30- och 60-årsintervallen. Variansen för kostnaderna vid år 30 är klart större än vad variansen är för kostnaderna vid år 60 medan kostnaderna vid år 30 utgör en klart mindre del av de totala förvaltningskostnaderna än vad kostnaderna vid år 60 gör.

I tabell 24 anges variationsvidden ( $\omega$ ) i kkr och max- och minvärdets procentuella avvikelse från medelvärdet vid simulering av de totala förvaltningskostnaderna år 1, avskrivningar 1 år 3, räntekostnader 1 år 5 och den genomsnittliga hyresnivån år 1-5 för olika slumpvariabler ( $y$ ) eller kombinationer av slumpvariabler, såväl korrelerade som okorrelerade.

Tabell 24. Variationsvidder

Kostnad alt	Slumpvariabel	Variationsvidd (kkr)	Extremvärden (%)	
			Min	Max
Intäkt	$y$	$\omega$		
Fk år 1	TI	128	4	6
	TI, korr	239	8	10
	r	325	14	11
	TI + r,	326	11	14
	TI + r, korr	71	2	4
AV1 år 3	TI,	110	11	12
	TI, korr	183	18	21
	KPI	14	2	1
	TI + KPI,	106	11	12
	TI + KPI, korr	171	15	22
RÄ1 år 5	r	16	1	1
	KPI	38	3	3
	r + KPI	238	21	20
	r + KPI, korr	269	23	24
Genom- snittlig	TI	126	2	4
	TI, korr	231	5	6
Hi år 1-5	r	309	7	8
	KPI	69	2	2
	TI + r + KPI	374	10	8
	TI + r + KPI, korr	138	3	4

Ur tabell 24 kan man bl a utläsa att variationsvidden vid simulering av förvaltningskostnaderna år 1 och den genomsnittliga hyresnivån år 1-5, helt analogt liknar varandra.



Variationsvidden då endast en parameter slumpas i taget är störst för  $r$ , lite mindre för korrelerade tidsintervall och minst för okorrelerade tidsintervall. Differensen mellan max- och minvärdet är vidare klart större då  $TI + r$  är okorrelerade än då  $TI + r$  är korrelerade. Vid simulering av den erforderliga hyresintäkten ser man vidare att variationsvidden för KPI är av underordnad betydelse.

Vid simulering av summa avskrivningar 1 visar det sig att skillnaden i extremvärden är större för korrelerade tidsintervall än för okorrelerade och nästan försumbar för KPI. Variationsvidden är dock lika stor oavsett om bara  $TI$  slumpas eller om både  $TI$  och KPI slumpas samtidigt.

Vid simulering av räntekostnader 1 blir differensen i extremvärden ungefär lika stor oavsett om  $r + KPI$  är korrelerade eller ej och klart större än vad differensen blir om  $r$  och KPI slumpas var för sig.

Den årligt erforderliga medelhyresintäkten för vart och ett av de fem första åren påverkas i stort sett lika oberoende av parameter eller kombinationer av parametrar och om parametrarna är korrelerade eller okorrelerade. Den årligt erforderliga hyresintäktens max-, medel- och minvärden utvecklas proportionellt lika under de fem första åren då parametrarna slumpas på samma gång och okorrelerat men med max- och minvärdena förskjutna mot medelvärdet, speciellt för de första åren, då samma simulering företas med korrelation mellan parametrarna.

Det visar sig också, liksom vid känslighetsanalyserna, att de erforderliga hyresintäkterna påverkas relativt lite förutom då samtliga parametrar slumpas samtidigt och okorrelerade med varandra. Ett genomgående drag är dessutom att räntefaktorn har en relativt stor inverkan på kostnadsnivån medan KPI, som ensam slumpvariabel, har en mycket liten påverkan.

Resultaten från simuleringarna överensstämmer således i stort sett med resultaten från känslighetsanalyserna. Detta är i för sig väntat då slumpvariablerna varierar inom det intervall som

begränsas av max- och minvärdena från känslighetsanalyserna. Simulering av ett flertal parametrar samtidigt ger dock en viss ökad påverkan i förhållande till utfallet från känslighetsanalyserna.

Kostnadsanalysen visar därvid att en bristfällig kostnadskalkylering, t ex en felaktigt utförd mängdavtagning eller val av komponenter med höga årskostnader, har större betydelse för kostnadsutfallet under förvaltningsskedet än vad störningar av brukstid, livslängder och underhållsintervall har. Det visar sig också att årskostnaderna och LCC-matriserna är mer känsliga för störningar än vad förvaltningskostnaderna och de erforderliga hyresintäkterna är. Resultaten ger således belägg för att styrningen av kostnaderna och påverkan på byggnadens utformning bör ske i projekteringsskedet, se kapitel 3.2.

Resultaten från kostnadsanalysen stämmer också väl överens med tidigare LCC-analyser för byggnader. Dessa visar nämligen att nivån för drift- och underhållskostnaderna, som utgör ca 30% av totalkostnaden, inte ändras nämnvärt vid förändringar av realräntefot och livslängd, jfr Sjöholm (1986).

## SLUTSATSER

Uppfyllelsen av forskningsrapportens syfte behandlas nedan utifrån de uppställda kalkylkraven och med avseende på framförallt matrisidéns förväntade bidrag.

En redovisning av produktkostnaderna i LCC-matriser bestående av kostnadsslag och olika tidsintervall är ett metodiskt angreppssätt som har en hel del fördelar ur kalkylerings- och redovisningssynpunkt.

Först och främst kan man separera kostnader som ej är direkt jämförbara från varandra men ändå hålla ihop dem komponentvis. Det innebär att det i matrisen inryms kostnader för såväl den produktiva utformningen som för de aktiviteter och åtgärder som tillkommer under förvaltningsskedet. Matrisidén medför vidare att en summering av kostnader som uppträder vid samma tidpunkt och är av samma slag lätt kan företas och att en byggnads samtliga komponenter och aktiviteter kan inrymmas i modellen.

Genom att de olika kostnadsslagen summeras var för sig är det också möjligt att anpassa drift- och underhållskostnaderna till BSAB-systemets struktur. Detta trots att BSAB-systemets P2-tabell, 1983 års generation, ej är direkt förvaltningsanpassad. Systemstrukturen medför också att de kostnader som ej kan knytas till någon speciell byggdel, t ex gemensamma och ofördelade kostnader samt en rad driftkostnader, kan inrymmas i modellen. Dessa kostnadsposter inryms i produktdelar som saknar byggdelsindelning och placeras på s k rätt plats i LCC-matrisen med avseende på kostnadsslag och varaktighet, se kapitel 7.1.

LCC-matriserna i samspel med BSAB-systemets systematik medför således att både produktions- och förvaltningskostnader kan kalkyleras sammanvägda under projekteringsskedet. Projektörer, producenter och fastighetsförvaltare kan därvid snabbt skaffa sig en god överblick över vad de olika komponenterna har för

påverkan på såväl enskilda byggdelar som produkten som helhet.

Genom att de totala livscykelkostnaderna beräknas i projekteringsskedet och på byggnadsnivå kan kostnadsutfallet påverkas och följas upp genom hela byggprocessen. Fördelning av kostnaderna på olika byggdelar och på skilda kostnadsställen medför också att det blir lättare att påverka kostnaderna för olika delar av byggnaden. Detta innebär bl a att besparingar kan vidtas och att de boende aktivt kan påverka sin egen boendekostnad. Det går vidare att få en bild av hur kapitalkostnaderna, årskostnaderna och den erforderliga hyresintäkten kan komma att utvecklas under byggnadens livscykel. Livslängdsbaserade återanskaffningar medför också att byggnaden får en hög och jämn teknisk kvalitet under hela livscykeln.

Kalkylmodellen är således mycket användbar för projekt där långsiktiga konsekvenser av alternativa utföranden har en avgörande betydelse. Kalkylexemplet visar också tydligt värdet av att kalkylmodellen är datoranpassad. Kalkyleringen kan därvid utföras snabbt och flexibelt med avseende på t ex uppdatering av indata, störning av kalkylelement och simulering av kostnadsutfallet i såväl projekterings- som förvaltningsskedet.

Systemstrukturen, kalkyleringssystematiken och detaljeringsnivån medför vidare att man med s k omvandlingsmatriser kan störa innehållet i en speciell LCC-matris eller påverka förhållandet mellan kostnadsposterna i matrisen. Omvandlingsmatriserna kan t ex, beroende på kostnadsslag och tidsintervall, innehålla pridfaktorer och ränteuttryck med olika framtida utvecklingstakt.

Redovisningen av kostnaderna kan också göras mycket detaljerat utan att helheten går förlorad. Med datorns hjälp kan t ex en anslutning till såväl byggnads- och lägenhetsregister som företagets övegripande redovisnings- och ekonomisystem företas. Detta medför således att kalkylmodellen med fördel kan användas som ett prognoshjälpmedel vid förvaltarens drift- och underhållsplanering, vid budgetering och vid erfarenhetsåterföring till projektering och produktion av

liknande objekt. Förutsättningen är dock att indata (å-priser och mängder) är relevanta och anpassade till det aktuella projektet.

För att beräkningsmetodiken i kalkylmodellen skall kunna användas på ett fullgott sätt ute i byggbranschen erfordras det dock ett mödosamt och metodiskt förarbete. Den höga detaljeringsnivån med aktivitetsbaserade indata ställer t ex stora krav på att kodsystemet är systematiskt uppbyggt och allmänt vedertaget av byggbranschens olika parter.

Genom att kapitalet skrivs av i takt med förslitningen för de olika byggdelskomponenterna får man ett bokfört värde som, vid varje tidpunkt under hela brukstiden, står i paritet med den återstående skulden. Det bokförda värdet blir ett LCC-baserat värde för byggnaden vid olika tidpunkter under livscykeln. Ett kostnadsbaserat värde är därvid knutet till fastighetens tekniska kvalitet och beroende av i vilken utsträckning som erforderliga återanskaffningar har ägt rum medan ett renodlat marknadsvärde baseras på t ex förväntningar om framtida värdestegringar.



## SUMMARY

During the late 1960s and early 1970s, new building methods were developed and many untried building materials were introduced on the construction market. The construction market became more profitable for contractors and construction materials producers and manufacturers than for clients and property managers. The client had no chance of influencing or introducing quality aspects in the design of technical solutions. On the other hand, the real estate manager had little, if any, influence on the solutions selected during the construction phase. Consequently, the completed construction product was, in the long-term perspective, defective in quality aspects.

In order to handle or manage, among other things, the overlooked need for maintenance measures, it is important that building costs are estimated and accounted for with respect to the different phases in the building process. One problem encountered in this exercise is how to apportion or distribute total building costs into different cost types and cost centres, so as to achieve a logical and a clear system or technique of accounting, and to facilitate the cost monitoring function throughout the life-cycle of an asset or building. The problem here is how to group and systematize costs into groups and systems which are appropriate both from the design and management aspects.

One of the difficulties involved is how to link together initial capital costs or acquisition costs and replacement costs of building parts and components, with running costs in the management phase. The most important issues here are: How to distribute and classify the asset's total construction and management costs so that costing and accounting shall be performed using the same methodology or technique applicable to costs which can be attributed to different building parts or components.

The aim of the study is to show how one can structure and compute Life Cycle Costs (LCC) for a given building using a



Matrix-based costing and accounting methodology.

Further, the aim is to demonstrate empirically using a case study, the proposed computational methodology and to show how it can be used parallelly both in the design and management phases; and applying the sensitivity and simulation analyses to illustrate the significance or influence of interferences in input data and model parameters on the cost performance.

The computation model should prove useful both for the designers when selecting technical solutions for the buildings, and for the property manager as computation basis for maintenance and operational cost budgeting; and also to facilitate experience feedback to the new constructions. Thus, costs incurred during the management phase shall be based directly on the established life-cycle costs for the specific building.

Consequently, the purpose is to enable the property manager to utilise the model at the design phase as a forecasting instrument to predict the distribution of costs in different years and at various cost centres under the building's life-cycle.

The matrix-based LCC-costing should be regarded as a contribution to the existing knowledge within the research area, which lies between basic theoretical studies, for example, the optimization of costs, durability and utility time; and applied empirical investigations, such as analysis of and relationships between costs for procurement, operation and maintenance.

This study considers only residential buildings and specifically the multi-family residential houses. Computation, accounting and analysis of the costs for incorporated activities and measures are performed on a selected house as a case study. This means that computational procedure is given priority before absolute results. The study does not claim to introduce better basic technical data such as durability and maintenance intervals for the various materials and the building components. This implies that computational data from present costing efforts are regarded as relevant with reference to the study's aims and

disposition.

In this study, where the aim is to design and build with due regard to the management phase, it is logical and suitable to start from a management-oriented perspective. A management-oriented building means that the designer chooses the components and technical systems from a costing horizon which corresponds with the building's expected utilization time (life-cycle). The technical solutions chosen during the design phase and the necessary measures taken in the management phase are considered in coherence; and the distribution of costs is done depending on the durability of the different components.

A rational and effective real estate management has its roots in an active cost thinking concept during the design phase. One precondition for achieving this is, for example, to enforce long-term investments in which the utilization of various building parts is technically optimized during the building's life-cycle. The components are chosen on the basis of the long-term investment assessments, in which technical quality is optimal with respect to the specific project's future business activity. This assumes that the different components are chosen on the basis of their suitability from a production perspective with respect to technical performance and chronological sequence.

A computational system with specific characteristics is needed to facilitate the designer in selecting building components based on a management-oriented construction perspective; and to actively control costs during the design phase and to enable the property manager to receive the actual costs needed throughout the building's life-cycle. Further, the system should provide the manager a possibility for monitoring operational costs, and to facilitate experience feedback to new constructions. Thus, the system should be:

- built-up progressively from the design phase to the management phase such that the running and maintenance costs can be monitored, and where experience feedback to design and new constructions can occur continuously.

- designed in such a way that activities in the design phase as well as measures taken in the management phase can be included, grouped and codified in a logical and expedient way with respect to the management phase.
- built-up in a structure which allows costs to be computed both for the components and building parts separately, and for the building as a whole.
- action- and responsibility adjusted in that the total life-cycle costs for each component are calculated and divided up according to the type of costs and durations (maintenance interval) and accounted for on separate cost centres.
- adapted to computers and easily associated with construction and apartment registers of records.
- quick and easy to update when changes occur in the input data and the computational units or variables.
- flexible and applicable to accommodate changes in business activity and developments in construction technology and new building materials.

Against this background of demands on the proposed computational model, and on studies of the existing systems and models, it appears that the main objective is to try to find the relationship between the concepts activity and product. So far, the product classification with activities divided into product parts and different levels has not succeeded. The activities demand a better level of detailing, and the product must be modulated better. The demand on a special activities table is consequently large.

The suitability or usefulness of a costing model in the management phase depends to a large extent on whether it is possible to allocate activities for operation and maintenance in different cost centres and cost types with respect to the source of the costs. Critical views have been directed at the fact that both the existing product tables, (P1 and P2) in the BSAB system, are not adapted to the management phase and that the possibility to account for costs on premises is lacking.

In the proposed costing model, the total life-cycle costs for a residential building are grouped and calculated in view of the

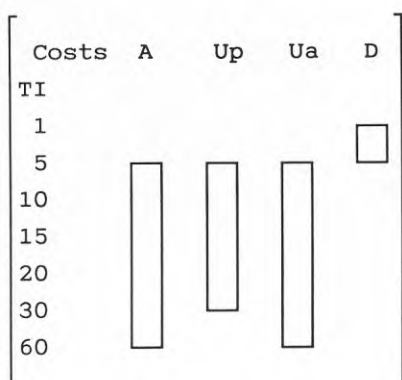
management-oriented construction, in that both the production costs and the operation and maintenance costs for all the components are structured according to the BSAB system and in phases.

Consequently, the model is built-up of four different sub-systems. On the fourth and lowest level (system level 4) are the building's parts. The next level (system level 3) consists of a sub-system of product parts whose components form the building parts. Similarly, the product parts are system components for system level 2, in which the sub-systems are ten main product groups. The ten groups are, finally the components of the highest level (system level 1), i.e. the whole residential building.

The cost items which are common for the whole building and do not consist of some activities or measures which can be allocated to a special or specific building part, for example, design and administration, are regarded as product parts directly. Costs for these activities belong only to one type of costs.

On the basis of resources in the form of quantities and unit prices, costs for chosen components' activities are calculated. The costs are then accounted for in the so called LCC-matrices which consist of time intervals (TI) row-wise, and type of costs, i.e. acquisition (A), planned maintenance (Up), remedy maintenance (Ua) and operating (D) column-wise. The time interval is taken either as the building's utility time, (T), the components' durability (N) or the actual maintenance interval (UI).

Procurement and replacement costs can, depending on the component's durability occur at all time intervals, while operational costs, which have a recurrence periodicity of one year, can only occur at time interval one. The costs for planned maintenance can occur at time interval  $5 \leq TI \leq T/2$ , while the costs for remedy maintenance fall sometime during a specific component's life time.



The LCC-matrices are subsequently summed up at the level of the building parts to form the LCC-matrices at the next higher system level, which finally results into a final LCC-matrix for the building as a whole.

From accounting and cost spreading perspectives, different building parts are divided into two separate cost centres. One part concerns design aspects of the building (basic building part) and the other consists of the building's activities (building premises). The latter is further divided into two subdivisions, apartments and common space.

When costs for the whole residential building are computed, an accounting matrix is formed which shows how management costs for different types of costs are covered. The accounting matrix serves as a base for calculating necessary rents. In a management cost matrix, annual capital costs for property acquisition, replacement and planned maintenance, along with annual costs for remedy maintenance and operation are consequently calculated.

The selection of components for different building parts is based on, among other things, the difference in annual expenditure between various alternative building designs. Interference in the parameters' values of the specific building part, say in the range of 10-20% from the original level, causes changes in the annual expenditure level.



Quite analogous with investment appraisals' estimating philosophy, one discovers that the annual expenditure is most sensitive to interferences in parameters occurring at the beginning of the life-cycle, for example prices and shorter durabilities; and least sensitive for changes in the maintenance intervals and durabilities which coincide with the building's utilization time. Entirely logical, one sees also that the annual expenditure changes proportionally with interferences in unit prices, subcontracting costs and interest rate; but inversely proportional with interferences in variations of maintenance interval and durabilities.

Furthermore, analyses indicate that shifting the point for undertaking maintenance measures has very little impact on the annual expenditure. Consequently, this confirms the theory that the time for effecting maintenance measures ought to be given within an interval with a range of about 20% around the estimated value.

Interferences in the unit price and subcontracting costs bring about enormously varying results, partly between different types of costs and time intervals; and partly between the different system levels. However, the effects are at most equally extensive as interferences in the unit price and subcontracting costs, and clearly lower for majority cost items.

The sensitivity analysis of interferences in time interval, rate of exchange (i.e. discount rate) and varying cost development for different types of costs has been studied to establish the necessary tents. The analysis shows, for example, that:

- the requisite rent is negligibly influenced by variations in the time interval 5-20, and only by 1-2% in variations by 30 and 60 years interval.
- the requisite rent is by far influenced by the discount rate, about 30% of the interference, and less than 1% due to interferences in KPI.



This shows that the uncertainty in the given time parameters, such as utility time, durability and maintenance interval do not have any conclusive effect or influence on the size of the rent. Secondly, one sees that the rent is clearly more sensitive to changes in the discount rate than to adjustments in the KPI.

Cost simulation without correlation between parameters gives a frequency diagram which in general shows a normal distribution performance, while simulation with correlation between parameters gives a diagram in which the outcome frequency fluctuates strongly around a mean value.

The range of variations when management costs are simulated during year one, and the average requisite rent for 1-5 years, resemble each other completely. The range of variations when only one parameter at a time is randomly considered is largest for the discount rate factor ( $r$ ); smallest for the correlated time interval and least for the uncorrelated time interval. The difference between maximum and minimum value is clearly bigger when  $TI + r$  are uncorrelated than when they are correlated. Simulation of the average requisite rent shows that the variation range for KPI is of subordinate significance.

The mean requisite annual rent for each of the first five years is in general equally influenced regardless of a parameter or a combination of parameters, and if the parameters are correlated or not. It also shows, as in the sensitivity analysis, that the requisite rents are relatively less influenced, except when all the parameters are simultaneously random and uncorrelated. A common feature is, however, that the discount rate factor has a relatively big influence on the cost level, while KPI as a single random variable has very little influence.

The cost analysis shows, consequently, that a faulty cost estimating process, for example, an error in quantity surveying or selection of components with high annual expenditures has greater influence on cost performance during the management phase than interferences in the utilization time, durability and maintenance interval. It appears also that the annual

expenditure and LCC-matrices are more sensitive to interferences than the management costs and requisite rents. Consequently, the results provide evidence to the fact that cost control and influence on the building's design ought to take place in the design phase.

## REFERENSER

- Abrahamsson, L. 1978. Bestämning av kalkylsäkerhet med hjälp av riskanalys. Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, CTH, rapport nr 8. Göteborg.
- Anthony, R. N. 1965. Planning and control systems: A framework for analysis. Graduate School of Business Administration. Boston: Harvard University Press.
- Arthursson, A., och Sandesten, S. 1981. Årskostnadsberäkning: Metoder. Byggnadsstyrelsens rapporter nr 153, 1981-12. Stockholm.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1983. Standard practice for measuring life-cycle costs of buildings and building systems. ASTM Committee on Standards. Philadelphia.
- Asztély, S. 1973. Investeringsplanering. Stockholm: Esselte Studium.
- Augustsson, R., Forsaeus, G., Lindgren, O., Mattsson, B., och Norrby, L. 1977. Årskostnadskalkyler: Metoder för årskostnaders beaktande i utrednings- och projekteringsstadiet. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R23:1977. Stockholm.
- Bildmark, K. 1954. Underhållskostnader för hyresfastigheter i Stockholm. Statens nämnd för byggnadsforskning, meddelande nr 24. Stockholm.
- Björnsson, H. 1978. Operationsanalys i entreprenadföretaget. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R43:1978. Stockholm.
- Bodily, S. E. 1986. Spreadsheet modeling as a stepping stone. Interfaces v 16 n 5 p 34-52.
- Bon, R. 1988. Replacement simulation model: A framework for building portfolio decisions. Construction Management and Economics v 6 n 2 p 149-159.

Bromilow, F. J. 1969. Contract time performance: Expectations and the reality. Building Forum v 1 n 3 p 70-80.

Bromilow, F. J., och Tucker S. N. 1983. Terotechnological optimality in construction. Construction Papers v 2 n 1 p 41-50.

Brunskog, E. 1983. Kostnadsinformation: Regler för gruppering, presentation och registrering av byggprojekts kostnader. Statens råd för byggnadsforskning, rapport T29:1983. Stockholm.

Bröchner, J. 1978. Economic aspects of housing rehabilitation: Modernizing flats in Sweden 1971-1975. Statens råd för byggnadsforskning, document D5:1978. Stockholm.

Bröchner, J. 1988. Fastighetsförvaltning: Ekonomi, juridik, organisation. Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, KTH. Stockholm.

Byggandets samordning. 1972. BSAB-systemet. Stockholm.

Byggnadsstyrelsen. 1969. Produktklassifikation för produkttyper och produktdelar. Byggnadsstyrelsens rapporter nr 13:3. Stockholm.

Byggnadsstyrelsen. 1981. MUPP (Mall för Underhållsplanering Planerbart Underhåll). Stockholm. Stencil.

Byggtjänst-Data. 1985. Programguide för byggbranschen 1985/86. Stockholm.

Carlson, P-O., Jacobsson, L., och Stenberg, S-E. 1986. Flerbostadshus: Idéförslag till kostnadsbesparande åtgärder. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R20:1986. Stockholm.

Carlson, P-O., Ankarberg, S-E., och Bäckström, H. 1986. Mängdning med CAD: Förstudie av generella krav och metoder. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R21:1986. Stockholm.

Damen, T. 1983. Planning and budgeting maintenance activities i Systems of maintenance planning. CIB/W70 Seminar, March 21st-23rd 1983. Edinburgh. Stencil.

Damen, A. A. J., och Botman, J. J. 1983. Development of the maintenance need of the dutch housing stock: A model-study i Systems of maintenance planning. CIB/W70 Seminar, March 21st-23rd 1983. Edinburgh. Stencil.

Danielson, U. 1986. Rationell kalkylering: Med rationella mängdförteckningar. Byggentreprenörerna, ADB i byggföretaget. Stockholm.

De Finetti, B. 1974. Theory of probability. John Wiley & Sons.

Dinwiddy, R. J. 1980. Life cycle costs of buildings: Observations on data collection and interpretation. CIB 80 (Symposium on quality and cost in building, v 5 p 171-184). Lausanne.

Drake, B., och McDonagh, N. H. 1984. Purpose and activities of the comité européen des économistes de la construction (CEEC). CIB 84 (Third international symposium on building economics, v 3 p 92-102). Ottawa.

Eriksson, R. 1980. Årskostnadsorienterat lånesystem: De statliga bostadslånereglernas påverkan på byggnaders kostnader. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R51:1980. Stockholm.

Fjällström, H., Milton, G., och Sundsvik, L. 1983. Kostnadsstyrning av byggprojekt. Statens råd för byggnadsforskning, rapport T23:1983. Stockholm.

Flanagan, R., och Norman, G. 1983. Life cycle costing for construction. University of Reading, Department of construction management. London: RICS.

Flanagan, R. 1984. Life cycle costing: The issues involved. CIB 84 (Third international symposium on building economics, v 1 p 1-9). Ottawa.

Flanagan, R., Kendell, A., Norman, G., och Robinson, G. D. 1987. Life cycle costing and risk management. Construction Management and Economics v 5 Special issue s 53-71.

Forsaeus, G., och Mattsson, B. 1980. Årskostnadskalkylering i projekteringsstadiet. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R104:1980. Stockholm.

Frenckner, P. 1982. Underhållsfonder - finns alternativ? Statens råd för byggnadsforskning, rapport T9:1982. Stockholm.

Frenckner, P., och Olausson, B. 1983. Byggekonomisk ordbok. Statens råd för byggnadsforskning, rapport T28:1983. Stockholm.

Gosselin, P. 1984. L'estimation du coût d'un bâtiment. CIB 84 (Third international symposium on building economics, v 3 p 35-45). Ottawa.

Gow, H. A. 1983. Towards a structure for planned maintenance programmes i Systems of maintenance planning. CIB/W70 Seminar, March 21st-23rd 1983. Edinburgh. Stencil.

Greger, T., Hahr, A., Hansson, L. I., Jarle, P. O., och Söderström, J. 1973. Byggnadsdelars årskostnader. Etapp 1 (BÅK 1.). Statens råd för byggnadsforskning, projektnummer 730 363 - 1. Stockholm. Stencil.

Grover, R. J., och Grover, C. S. 1984. Life cycle costing and reliability theory. CIB 84 (Third international symposium on building economics, v 1 p 29-37). Ottawa.

Grover, R. J., och Grover, C. S. 1987. Consistency problems in life cycle cost appraisals. CIB 87 (Fourth international symposium on building economics, Session A p 17-30). Copenhagen.

Gustafsson, L., Lanshammar, H., och Sandblad, B. 1982. System och modell: En introduktion till systemanalysen. Lund: Studentlitteratur.



Handboken Bygg. 1981. Ekonomi och förvaltning. Stockholm: Liber Förlag.

Hansson, I. 1977. Bostadsfinansiering och bostadsbeskattning under inflation. Statens råd för byggnadsforskning, rapport T26:1977. Stockholm.

Hansson, I., och Turner, B. 1977. Bostäder och samhällsekonomi. Lund: Liber Läromedel.

Hardcastle, C. 1984. The relationship between cost communication and price prediction in the evaluation of building design. CIB 84 (Third international symposium on building economics, v 3 p 114-123). Ottawa.

Hertz, D. B. 1964. Risk analysis in capital investment. Harvard Business Review, v 42, n 1 p 95-106.

Honko, J. 1977. Planering och kontroll av investeringar. Stockholm: Prisma Förlag.

Hultman, B-M. 1981. Ekonomisystem. Stockholm: SABO.

Jaffe, A. J. 1979. Property management in Real Estate Investment decision-making. Toronto: Lexington Books, D.C. Heaths and Company.

Jarle, P-O. 1963. The time of durability of a building. Cost repetition maintenance. UN publication 63.II.E.4. Genève.

Johansson-Bejrum, H. 1983. Underhållspolicy i radhus: Analys av underhållsinsatser i olika dispositionsformer med användning av investeringsmodeller och tonvikt på hushållens bidrag. Institutionen för fastighetsekonomi, KTH, meddelande 5:15. Stockholm.

Johansson, J. 1987. Kvalitetsstyrning av inneklimatanläggningar från förvaltarsynpunkt. VVS & energi 1/87 s 18.

Juhlin, L., Kylsten, L., och Persson, M. 1979. Brukstider och livslängder för byggnader och byggnadsdelar. Byggnadsstyrelsen. Stockholm.

Juvén, K. 1973. Klassifikationssystem för periodiskt underhåll av fastigheter. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R31:1973. Stockholm.

Juvén, K., Nilsson, Å., och Yngve, H. 1981. Utveckling av fastighetsunderhåll: Datorstödd planering och upphandling. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R84:1981. Stockholm.

Karlén, I. 1979. Informationshantering i förvaltningsprocesser. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R131:1979. Stockholm.

Karlsson, H. 1986. Samordnade systemlösningar. Datorn i byggandet 2-3/1986 s 54-55.

Kelly, J. R. 1984. A method for the formulation of a cost database for use during the evolution of the sketch design of a building. CIB 84 (Third international symposium on building economics, v 1 p 10-18). Ottawa.

Kirk, S. 1979. Life cycle costing-controlling return on investment by computer. Specifying Engineer v 42 n 2 p 91-93.

Känngård, B., AB. 1980. System-TEMP. Stockholm. Stencil.

Larsson, P-O. 1984. Ny metod för beräkning av kapitalkostnaderna leder till taxehöjningar. Kommunaktuellt n 39 s 20.

Lichtenberg, S. 1971. Successiv kalkulation. Laboratoriet for anlaegsteknik, DTH. Kobenhavn. Stencil.

Ljung, B. 1977. Investeringsbedömning. Stockholm: Akademilitteratur.

Ljung, B. 1979. Investeringsbedömning: Enkla kalkylmetoder för förbättringar i fastighetsförvaltning. Företagsekonomiska institutionen, Stockholms universitet, forskningsrapport nr 122. Stockholm.

Lounela, T. 1984. Life cycle costs of building components. VTT Symposium 48. (Third international conference on the durability of building materials and components, v 1 p 148-156). Espoo.

Lundberg, E., och Rydén, B. 1980. Svensk ekonomisk politik: Lärdomar från 70-talet. SNS skriftserie Näringsliv och Samhälle, nr 3:1980. Stockholm.

Lundqvist, L. J. 1981. Bostadskostnaderna: En fråga om rimlighet och rättvisa. Statens institut för byggnadsforskning, rapport T19:1981. Gävle.

Lundström, S. 1980. Avkastningsvärdering av hyresfastigheter: Analys av hyra, drift, underhåll och fastighetspriser som grund för värdering. Institutionen för fastighetsekonomi, KTH, meddelande 5:10. Stockholm.

Lundström, S. 1986. Hyresfastighetens ekonomi i långtidsperspektiv: Påverkande faktorer och planering. Institutionen för fastighetsekonomi, KTH, meddelande 5:20. Stockholm.

Lönn, B. 1983. Periodiskt underhåll satt i system. Byggmästaren 8/83 s 11-15.

Marshall, G. B., och Tucker, S. N. 1974. Building project selection using a computer-aided procedure. CIB 74 (Symposium on assessing the economics of building, p 371-392). Dublin.

Marshall, H. E., och Ruegg, R. T. 1977. Energy conversation through life-cycle costing. Journal of Architectural Education v 30 n 3 p 42-51.

Marshall, H. E. 1984. Recommended practice for measuring simple and discounted payback for investments in buildings and building systems. National Bureau of Standards. Washington D.C.

Mathur, K. 1982. A probabilistic planning model. Building Cost Techniques: New Directions, p 181-191. London: Spon.

Mattsson, B., och Söderberg, J. 1983. Årskostnader: Att kalkylera ett byggprojekts årliga förvaltningskostnader. Statens råd för byggnadsforskning, rapport T26:1983. Stockholm.

Montag, G. M. 1981. Life-cycle costing building replacement analysis model. ASHRAE Journal v 23 n 8 p 39-44.

Murphree, E. 1984. Economic analysis models for evaluating costs of a life cycle cost data base. Technical Report US Army Construction Engineering Research Lab P-164. Champaign, Ill.

Musa, R. R. 1984. Durability of structural components considering LCC analysis. VTT symposium 48 (Third international conference on the durability of building materials and components, v 1 p 157-165). Espoo.

Muser, B., och Drings, H-R. 1977. Baunutzungskosten DIN 18 960: Erfahrungswerte und praktische Verwendung bei Planung und Betrieb von Gebäuden. Braunschweig: Vieweg & Sohn.

NBA (The National Building Agency). 1979. Maintenance records and statistics: For housing associations. London. Stencil.

Neale, C. W., och Wagstaff, G. 1985. Discounted cash flow and life cycle costing for construction projects. International Journal of Operations and Production Management v 5 n 4 p 55-70.

Newton, S. 1982. Cost modelling: A tentative specification. Building Cost Techniques: New Directions. London: Spon.

Nyberg, U. 1986. Effektivare fastighetsförvaltning med bra datorsystem. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R87:1986. Stockholm.

Orshan, O. M. 1984. Building space/quality: Life cost planning model. Tampere university of technology, publications 32. Tampere.

Pettitt, R. 1983. Computer aids to housing maintenance management i Systems of maintenance planning. CIB/W70 Seminar, March 21st-23rd 1983. Edinburgh. Stencil.

Rakhra, A. S. 1980. Buildings and life-cycle costing. Canadian Building Digest p 212-1/212-4. Ottawa: National Research Council of Canada.

Rapp, B. 1974. Models for optimal investment and maintenance decisions. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.

Rapp, B., och Selmer, J. 1980. Den samhällsekonomiska diskonteringsräntan inom energiområdet. Företagsekonomiska institutionen, Stockholms universitet, forskningsrapport nr 134. Stockholm.

Raftery, J. J. 1984. Models in building economics: A conceptual framework for the assessment of performance. CIB 84 (Third international symposium on building economics, v 3 p 103-111). Ottawa.

REPAB. 1984. Förvaltningsfakta. Underhållskostnader 1984. Göteborg: Servicetryckeriet.

REPAB. 1986. Förvaltningsfakta. Årskostnader 1986 - bostäder. Göteborg: REPAB PROGRAM AB.

Regeringens proposition 1977/78:76. Energisparplan för befintlig bebyggelse.

Ruegg, R. T. 1982. Life-cycle cost manual for the federal energy management program. National Bureau of Standards. Washington D.C.

Russell, A. D., och Arlani, G. A. 1981. Objective functions for optimal building design. Computer Aided Design v 13 n 6 p 327-338.

Russell, A. D., Morrison, R., och Tong, T. 1984. Computer assisted economic avaluation of design alternatives: LIFE. CIB 84 (Third international symposium on building economics, v 3 p 20-34). Ottawa.

SABO. 1986. Underhållsnorm 1986.

Seeley, I. H. 1972. Building economics. London: Macmillan Press.

Senning, E-M. 1982. Underhållsplanering inom HSB: Rapport från HSB:s förvaltningsforskning. Stockholm.

Senning, E-M. 1985. Kostnadssamband och kostnadsstyrning inom fastighetsförvaltning. Företagsekonomiska institutionen, Stockholms universitet, rapport 1985:5. Stockholm.

Siemes, T., och Vrouwenvelder, T. 1985. Durability: A probabilistic approach. Durability of Building Materials v 3 n 2 p 101-113.

Sjöholm, B. 1986. Projektering kontra livstidskostnad: Samverkan ger resultat för ny- och ombyggnad. Bygg Sverige 1/86.

Sjöström, C., Svennerstedt, B., och Tolstoy, N. 1982. Extraordinärt underhåll i bostadsbeståndet. Statens institut för byggnadsforskning, meddelande M82:12. Gävle.

Sjöström-Hedge, I. 1982. Beaktande av drifts- och underhållskostnader i lånesystemet: Diskussionsunderlag. Bostadsstyrelsen. Stockholm.

Sofat, G. C. 1985. Life cycle cost analysis: A concept of judicious cost comparison. Indian Concrete Journal v 59 n 7 p 193-195.

SOU 1981:77 Hyresrätt 3. Bruksvärde, hyresprocess m m.



SOU 1982:1 Real beskattning.

SOU 1982:34 Prisutvecklingen inom bostadsbyggandet och dess orsaker. Del 1.

SOU 1982:65 Återinvestera i bostäder.

SOU 1984:35 Bostadskommitténs delbetänkande. Del 1.

SOU 1984:36 Bostadskommitténs delbetänkande. Del 2.

SPRI. 1975. Långtidsplanerat fastighetsunderhåll. SPRI-råd 7:4. Stockholm.

Stang, E. 1983. A system for housing maintenance planning i Systems of maintenance planning. CIB/W70 Seminar, March 21st-23rd 1983. Edinburgh. Stencil.

Stark, E. 1978. Bättre redovisningsmetoder sänker förvaltningskostnaderna för fastigheter? Byggmästaren 7-8/78 s 14-16.

Stone, P. A. 1967. Building design evaluation: Costs-in-use. London: Spon.

Ståhl, I. 1978. Energikostnader och ränteantaganden: Underbilaga 7:12, Ds I 1978:10, Energitillförsel. Stockholm.

Suokko, S. 1972. The economic life of multi-storeyed blocks of flats. The state institute for technical research, publication no 169. Helsinki.

Sundsvik, L. 1984. Kalkyldata på marknaden. Byggmästaren 10/84 s 20.

Svennerstedt, B., och Tolstoy, N. 1984. Reparationsbehov i bostäder och lokaler. Statens institut för byggnadsforskning, meddelande M84:10. Gävle.

Svenska kommunförbundet. 1973. Avskrivning och intern ränta: Kapitaltjänstkostnadernas behandling i kommunal budgetering och redovisning. Stockholm.

Svensk Byggtjänst. 1987. BSAB-systemet: Tabeller och tillämpningar. Stockholm.

Söderberg, J., Mattsson, B., och Hahr, A. 1983. Anskaffningskostnader: Att kalkylera ett byggprojekts anskaffningskostnader. Statens råd för byggnadsforskning, rapport T25:1983. Stockholm.

Söderberg, J. 1984. SYRE: A system of building economics. CIB 84 (Third international symposium on building economics, v 3 p 81-91). Ottawa.

Taylor, W. B. 1981. The use of life cycle costing in acquiring physical assets. Longe Range Planning v 14 n 6 p 32-43.

Taylor, R. G. 1983. Quantity surveying: A critical examination of cost appraisal and tendering in the building industry. Q. S. Occasional Paper No. 3. University of Natal. Durban.

Tucker, S. N. 1976. Assessment of office building proposals: why use discounted cash flow calculations? The Valuer v 24 n 1 p 16-25.

Tucker, S. N. 1984. Modelling building life cycle cash flows. CIB 84 (Third international symposium on building economics, v 1 p 38-48). Ottawa.

Turner, B. 1979. Hyressättning på bostadsmarknaden: Från hyresreglering till bruksvärdesprövning. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R69:1979. Stockholm.

Urien, R. 1975. Some thoughts about the economic justification of life-cycle costing formulae. Industrialization Forum v 6 n 3-4 p 53-62.

Urien, R., och Elias, P. 1984. Utilisation de l'informatique dans les calculs de coût global. Building Research and Practice v 12 n 5 p 290-293.

VVS Tekniska Föreningen. 1980. Lönsamhetskalkyler: VVS-special 1:1980. Stockholm: Liber Tryck.

Wermelin, I. 1986. Aktiv kostnadskalkylering: Med hjälp av BSAB-systemet. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Westin, T. 1982. Skador i flerfamiljshus. En enkätstudie. Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, KTH, meddelande nr 20. Stockholm.

Wikells Byggberäkningar AB. 1985. Sektionsfakta ROT 85/86. Teknisk - ekonomisk sammanställning av ROT-bygghälsor. Växjö.

Wilson, A. J. 1982. Experiments in probabilistic cost modelling. Building Cost Techniques: New Directions p 169-180. London: Spon.

Yamane, T. 1967. Statistics: An introductory analysis. New York: Harper & Row.

Zetterberg, J. 1983. Underhåll i SABO-företagen. Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, KTH, examensarbete nr 147. Stockholm.

Öfverholm, I. 1984. Livscykelkostnader för byggnader. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R99:1984. Stockholm.

Bilaga 1: BSAB-systemet. Produkttabell 2.

1(2)

### BSAB-systemets Produkttabell 2

### Byggentreprenörernas byggdelstabell

1   Mark 10 11 : : 19	
3   Hus 30 Sammansatta husbyggdeler 31 (Reserverad) 32 Husunderbyggnad 33 Husstomme 34 Yttertak; klimatskiljande delar och kompletteringar 35 Yttreväggar; klimatskiljande delar og kompletteringar 36 Rumsbildning; stomkompletterende delar 37 Invändiga ytskikt og rumskompletteringar 38 (Reserverad) 39 Övriga husbyggdeler	
5   VVS- og kylsystem 50 : : 59	
6   Elanlægninger 60 : : 69	
7   Transportanlægninger 70 : : 79	
8   Styr- og overvakningssystem 80 : : 89	
9   Övrigt	

Byggsystemet

**Byggsystemet**

Byggdelstabell Hus, Mark, Nybyggnad, ROT
0 Sammansatta byggdeler
1 Mark
2 Husunderbyggnad
3 Stomme
4 Yttertak
5 Fasader
6 Stomkompletteringar/rumsbildung
7 Invändiga ytskikt rumskompletteringar
8 Installationer
9 Gemensamma arbeten, Tillfälliga fabriken

Källa: Svensk Byggtjänst 1987

## 3 HUS

30 Sammansatta husbygddelar	30.0	30.1	30.2	30.3	30.4	30.5	30.6	30.7	30.8	30.9
31 (reserverad)	31.0	31.1	31.2	31.3	31.4	31.5	31.6	31.7	31.8	31.9
32 Husunderbyggnad	32.0 Sammansatta delar	32.1 (vakant)	32.2 Schakt, fylningar	32.3 Markförstärkingar, pålning m m	32.4 Husgrund	32.5 Kulvertar, tunnlar	32.6 (vakant)	32.7 (reserverad)	32.8 Huskompletteringar	32.9 Övrigt
33 Husstomme	33.0 Sammansatta delar	33.1 Stomväggar	33.2 Pelarstommar	33.3 (vakant)	33.4 Stombjakkag, balkstommar	33.5 (vakant)	33.6 Trappstommar, innschiaktsstommar	33.7 Ytteraksstommar	33.8 Huskompletteringar	33.9 Övrigt
34 Yttertak: klimatskiltande delar och kompletteringar	34.0 Sammansatta delar	34.1 Kompletterende barverk, taklagsinlækkinger	34.2 Inne klimatskarm	34.3 Ytre klimatskarm	34.4 Takavslutninger	34.5 Oppningskompletteringar	34.6 (vakant)	34.7 Altaner, terrasstak	34.8 Huskompletteringar	34.9 Övrigt
35 Ytterväggar: klimatskiltande delar og kompletteringar	35.0 Sammansatta delar	35.1 Inne klimatskarm	35.2 (vakant)	35.3 Ytre klimatskarm	35.4 (vakant)	35.5 Oppningskompletteringar	35.6 (vakant)	35.7 (vakant)	35.8 Huskompletteringar	35.9 Övrigt
36 Rumsbildning: stonkompletterende delar	36.0 Sammansatta delar	36.1 (reserverad)	36.2 Undergolv og d	36.3 Inneväggar og d	36.4 Innetak	36.5 Oppningskompletteringar	36.6 Inndaga trappor, trappkompletteringar	36.7 (vakant)	36.8 Huskompletteringar	36.9 Övrigt
37 Invändiga yttskikt og rumskompletteringar	37.0 Sammansatta delar	37.1 (vakant)	37.2 Yttskikt på golv og trappor	37.3 Yttskikt på vegger	37.4 Yttskikt i tak	37.5 (vakant)	37.6 (reserverad)	37.7 (reserverad)	37.8 Rumskompletteringar	37.9 Övrigt
38 (reserverad)	38.0	38.1	38.2	38.3	38.4	38.5	38.6	38.7	38.8	38.9
39 Övriga husbygddelar	39.0	39.1	39.2	39.3	39.4	39.5	39.6	39.7	39.8	39.9

Källa: Svensk Byggtjänst 1987

## Bilaga 2: K-blockets kontoplan.

1(3)

1. Projekteringsfinansiering				
2. Projektledning, projekt-administration, projektering			Byggherre-kostnader (+ ev. del av 9)	
3. Markförvärv, exploatering				
4. Tomtanläggning	Kostnad för tomtanläggning (+ ev. del av 9)		Byggnads-verkets kostnader (+ ev. del av 9)	Tak =
5. Byggnad	Kostnad för byggnad (+ ev. del av 9)			= Totala anskaffnings-kostnader
6. -			Kostnader för verksamhetens inredning, utrustning och processinstallationer	
7. Inredning, utrustning, processinstallationer				
8. -				
9. Särskilda kostnader				

## 1. Projektfinansiering

- 10 -
- 11 Räntor, kreditiv
- 12 Tomträttsavgäld, arrenden, avgifter
- 13 Bidrag och avdrag
- 14 Övriga intäkter
- 15 -
- 16 -
- 17 -
- 18 -
- 19 Särskilda kostnader

Gruppen omfattar kostnader för det kapital som åtgår för projektet samt de bidrag och intäkter som projektet ger upphov till.

## 2. Projektledning, projektadministration, projektering

- 20 -
- 21 Projektledning, projektadministration, byggledning
- 22 Projektutredningar
- 23 Projekteringsledning
- 24 Projektering anläggningar utanför tomt
- 25 Projektering tomtanläggning
- 26 Projektering byggnad
- 27 Projektering inredning, utrustning
- 28 Platskontroll
- 29 Särskilda kostnader

Denna grupp omfattar kostnader dels för planering, organisation, ledning, samordning, upphandling, kontroll och uppföljning, dels för projektutredning, programmering och projektering, oavsett om det är fråga om byggherrens egna insatser eller konsulttjänster.



### 3. Markförvärv – exploatering

- 30 –
- 31 Markförvärv
- 32 Utredningar i samband med markförvärv
- 33 Evakuering
- 34 Rivning
- 35 Ersättning, avgifter
- 36 Anläggningar utanför tomt
- 37 –
- 38 –
- 39 Särskilda kostnader

Denna grupp avser kostnader för köpeskilling för marken jämte kostnader i samband därmed samt kostnader för omvandling av råmark till byggklar mark.

### 4. Tomtanläggning

- 41 Underindelning bör utföras
- 42 enligt BSAB-systemet Produkttabell 2, 1 MARK
- 43 –
- 44 –
- 45 –
- 46 –
- 47 –
- 48 –
- 49 –

I denna grupp ingår alla kostnader för arbeten på tomt, alltså utanför schaktnings- och fyllnings- och förstärkningsarbeten som utgör underlag för ytskikt, planteringar och byggda delar på tomt, samt alla markytskikt och byggda delar.

### 5. Byggnad

- 50 –
- 53 –
- 55 Underindelning bör utföras
- 56 enligt BSAB-systemet Produkttabell 2, 3 HUS,
- 57 5 VVS, 6 EL, 7 TRANSPORT, 8 STYR
- 58 –
- 59 –

I grupp 5 noteras alla kostnader för de olika beståndsdelar av byggnaden som är nödvändiga för allmänna funktioner och för stadigvarande bruk. Kostnader för alla anordningar som har ett direkt samband med den verksamhet som skall bedrivas i byggnaden skall noteras under grupp 7.

## 6. Vakant

## 7. Inredning, utrustning, processinstallationer

70 -

71 Bygginredning, byggsnickeri

72 Inredning/utrustning - ej egentlig industri

73 Inredning/utrustning - servicefunktioner

74 Inredning/utrustning - industri, produktion

75 Inredning/utrustning, processkonstruktioner

76 -

77 -

78 Inredning/Utrustning - lös egendom

79 Ofördelat, gemensamt

Denna grupp innehåller kostnader för inredning och utrustning samt processinstallationer, maskiner o d för stadigvarande bruk för verksamheten inklusive särskilda byggkonstruktioner för denna. Även kostnader för inredning och utrustning av löseendoms-karaktär.

## 8. Vakant

Denna grupp kan användas för gruppering av kostnader gällande flyttning, igångkörning och driftprovisorier. Gruppen kan även användas exempelvis vid behov av särredovisning av speciella inrednings/utrustningsdetaljer eller motsvarande för olika verksamheter inom samma fastigheter.

## 9. Ofördelade/gemensamma kostnader

90 -

91 -

92 -

93 -

94 -

95 -

96 Budgetreserv

97 Index

98 Moms

99 Särskilda kostnader

I denna grupp redovisas kostnader som antingen beräknats gemensamt för hela projektet eller grupperats om och fördelats på projektets övriga kostnadsgrupper.

Källa: Wermelin 1986

## Bilaga 3: Spreadsheetskalkylering i LOTUS 1-2-3.

1(8)

IndataAnskaffning

BSAB	AN/ÅTER	KOSTNAD	MÄNGD	TID	A-PRIS	UE	UTB
321050	Grovplanering tomt	12730	700	0,04	0,0	8	1,0
322400	Avtäckning berg	22320	700	0,00	0,0	25	1,0
322410	Bergs överyta	89280	700	0,00	0,0	100	1,0
322420	Bergschakt volym	364263	1680	0,00	0,0	170	1,0
322440	Tätn. sprängbotten	19642	550	0,00	0,0	28	1,0
322470	Borttrp. sprängmas.	82903	1300	0,00	0,0	50	1,0
322630	Dräneringslager	28059	550	0,00	0,0	40	1,0
322651	Återfyllning husgr.	53032	396	0,00	0,0	105	1,0
322704	Markisoler.btg.golv	6084	80	0,07	55,0	0	1,0
322800	Dränering byggnad	20287	110	0,50	75,0	0	1,0
322900	Dränerings anslutn.	1528	4	0,50	250,0	0	1,0
324371	Plintform bräder	14126	40	1,60	30,0	0	1,0
324381	Btg i plintar K25	5083	6	1,70	450,0	0	1,0
324392	Arm. i plintar Ks40	1663	150	0,04	2,8	0	1,0
324571	Grundmur brädform	43365	162	1,20	25,0	0	1,0
324681	Grundmur btg K25	13276	21	0,70	450,0	0	1,0
324692	Arm. grundbalk Ks40	8980	810	0,04	2,8	0	1,0
327610	Golv på mark	4035	2	7,00	550,0	0	1,0
331028	Yttervägg skivform	380182	2022	0,75	34,0	0	1,0
331028	Yt.vägg elementform	459700	2077	0,90	37,0	0	1,0
331029	Yttervägg btg K25	265953	417	0,65	450,0	0	1,0
331029	Yttervägg smygform	426389	1560	1,20	30,0	0	1,0
331029	Yttervägg arm. Ks40	214	23	0,03	2,9	0	1,0
331294	Fuktskydd väggar	5665	175	0,10	11,0	0	1,0
331307	Yttervägg trästomme	7508	79	0,25	40,0	0	1,0
331951	Innervägg skivform	441488	2362	0,75	33,0	0	1,0
331964	Innervägg btg K25	135559	213	0,65	450,0	0	1,0
331967	Innervägg arm. Ks40	62648	6807	0,03	2,9	0	1,0
332360	Pelare skivform	23382	86	1,20	29,0	0	1,0
332366	Pelare armering	5353	600	0,03	2,6	0	1,0
332367	Pelare btg K25	5337	6	1,70	450,0	0	1,0
334101	Bjälklag valvform	535259	3843	0,50	35,0	0	1,0
334101	Bjälklag avstäng.	9301	260	0,15	5,2	0	1,0
334102	Bjälklag btg K25	537078	884	0,50	450,0	0	1,0
334106	Bjälklag arm. Ks40	354332	39	30,00	2850,0	0	1,0
334120	Bjälklag ytslipning	130527	3527	0,16	4,5	0	1,0
334130	Ingjutna spirokan.	288346	7054	0,12	15,0	0	1,0
334395	Takstolsförankring	1902	62	0,10	9,5	0	1,0
336613	Trapp o hisschakt	162652	232	2,56	168,0	0	1,0
336813	Prefab. btgtrappa	102531	10	5,00	8200,0	0	1,0
337148	Fackverk T200	21538	132	0,45	65,0	0	1,0
341100	Uppstolpad takstol	35514	370	0,30	32,0	0	1,0
341602	Inbrädning yttertak	48326	480	0,25	45,0	0	1,0
342200	Mineralullsisolier.	85764	180	0,70	260,0	0	1,1
343100	Taktäckn. galv-plåt	154276	480	0,00	0,0	210	1,2

BSAB AN/ÅTER	KOSTNAD	MÄNGD	TID	A-PRIS	UE	UTB
344100 Inklädnad takfot	43772	106	0,75	200,0	0	1,1
344110 Vindskivor	38856	3130	0,00	10,0	0	1,1
345101 Röklucka plåt	5362	1	3,50	3700,0	0	1,1
345111 Taklucka isol. plåt	1395	1	0,70	1000,0	0	1,1
348000 Inv.takavv. ränn.	14899	480	0,00	25,0	0	1,1
348400 Takkompl. snöräck.	15581	480	0,08	12,0	0	1,1
350001 Fasadställning	190502	2900	0,25	14,0	0	1,0
351006 Isol. MU under mark	28843	247	0,12	65,0	0	1,2
351017 Isol. MU ovan mark	172404	1839	0,12	48,0	0	1,2
351027 Isol. m vindskydd	353152	3561	0,12	52,0	0	1,2
351350 Isol. min.ull	21640	232	0,09	30,0	0	1,8
351372 Plywood utomhus	26121	132	0,35	55,0	0	1,5
353232 Fasadtegel	820844	1901	1,40	135,0	0	1,0
353294 Tegelbalk	59329	391	0,28	85,0	0	1,0
353298 Rullskift	13740	492	0,14	0,0	0	1,0
353299 Förankr. tegelskal	175742	1902	0,35	20,0	0	1,0
353331 Granit	16581	10	0,00	0,0	1300	1,0
353646 Plåt, plan enkelf.	29019	79	0,00	0,0	180	1,6
353654 Plåt, plan galvlack	9275	101	0,00	0,0	45	1,6
355146 Ytterdörr aluminium	26404	2	4,00	0,0	8000	1,2
355150 Soprumsdörr	2526	1	1,50	1600,0	0	1,2
355621 Träfönster alumin.	1213569	531	2,20	1300,0	0	1,2
355623 Aluminiumfönster	885706	550	2,20	800,0	0	1,2
355708 Snickeri kompl.	30123	1560	0,06	6,5	0	1,0
355711 Fönsterbleck	25919	391	0,00	0,0	52	1,0
355730 Fönster, handtag	16550	276	0,21	16,0	0	1,0
355732 Fönster, beslag	7772	276	0,11	5,5	0	1,0
355742 Dörrar, cylinderlås	801	3	0,15	210,0	0	1,0
355745 Dörrar, tryck-dragpl	1468	3	0,50	345,0	0	1,0
355748 Dörrar, dörrstäng.	2003	2	1,20	675,0	0	1,0
355851 Fönsterbänk	65300	391	0,30	95,0	0	1,0
358112 Entreplan, betong	4801	6	2,20	320,0	0	1,0
362001 Golv på mark 80 btg	51403	446	0,34	42,0	0	1,0
362135 Golvuppb. 60 överbtg	5483	60	0,26	35,0	0	1,0
362141 Golvuppb. flytspack	189971	3480	0,03	35,0	0	1,2
362257 Golvuppb. isolering	5157	60	0,08	62,0	0	1,0
363100 Innervägg gipsskiv.	479586	2324	0,74	52,0	0	1,0
363380 Tillägg o infästn.	7130	84	0,25	31,0	0	1,0
363502 Innervägg 150 btg	63737	128	1,76	130,0	0	1,0
363600 Inv. glasparti alum	70480	61	0,00	0,0	900	1,0
365102 Tamburdörr av trä	110458	36	2,10	2100,0	0	1,1
365120 Innerdörr	42564	50	1,05	500,0	0	1,1
365121 Innerdörr	147270	173	1,05	500,0	0	1,1
365400 Elcentralfront	1554	1	1,00	1200,0	0	1,0
365906 Dörrar, cylinderlås	17467	50	0,28	260,0	0	1,0

BSAB AN/ÅTER	KOSTNAD	MÄNGD	TID	A-PRIS	UE	UTB
365908 Dörrar, låstillb.	2300	50	0,14	16,0	0	1,0
365915 Dörrar, trycke	9129	173	0,14	22,0	0	1,0
365916 Dörrar, WC-trycke	3675	50	0,21	28,0	0	1,0
365950 Kompl. foderlist	21067	1060	0,06	7,0	0	1,0
366113 Trappa av trä	14058	2	12,60	4000,0	0	1,0
366122 Räcke av stål	35712	40	0,00	0,0	700	1,0
366132 Handledare av trä	2296	8	0,00	0,0	225	1,0
370100 Måln-bostad,btgvägg	146364	4742	0,00	0,0	22	1,1
370110 Måln-bost.,gipsvägg	159176	4052	0,00	0,0	28	1,1
370120 Måln-tr.hus,btgvägg	41001	562	0,00	0,0	52	1,1
370130 Måln-tr.hus, btgtak	92175	3285	0,00	0,0	20	1,1
370140 Måln-lokal, väggar	6465	256	0,00	0,0	18	1,1
370150 Måln-lokal, btgtak	10354	410	0,00	0,0	18	1,1
370160 Måln-bostad, kompl.	22958	3600	0,00	0,0	5	1,0
370170 Måln-lokal, kompl.	1645	430	0,00	0,0	3	1,0
371100 Kompl. socklar	89383	3620	0,07	9,5	0	1,0
371200 Byggarb. VVS och EL	71858	4600	0,05	5,0	0	1,0
371300 Montering hissdörr	6109	11	2,50	50,0	0	1,0
372102 Natursten, marmor	190857	254	0,14	20,0	550	1,0
372400 Parkettgolv	255713	734	0,00	0,0	195	1,4
372700 Linoleummatta	622525	2704	0,00	0,0	95	1,9
372744 Vinylplastmatta	53001	242	0,00	0,0	86	2,0
372745 Plastsockel	15287	363	0,00	0,0	33	1,0
372912 Skrapgal. inkl.ram	2279	2	1,75	700,0	0	1,0
372925 Torkmatta, ribbgum.	2734	2	1,75	700,0	0	1,2
373101 Natursten, marmor	43365	40	0,00	0,0	850	1,0
373202 Keram.plat., kakel	146930	720	0,00	0,0	160	1,0
373208 Keram.plat. st.sk.	18154	129	0,00	0,0	110	1,0
376253 Tvättmask.,5-5,5 kg	56402	9	1,40	4800,0	0	1,1
376254 Centrifug, 8 kg	3660	1	1,40	2700,0	0	1,1
376256 Torktuml., 3-3,5 kg	34053	9	1,40	2800,0	0	1,1
376257 Torktumlare, 5-6 kg	5074	1	1,40	3839,2	0	1,1
376258 Torkskåp, 5-5,5 kg	15437	7	1,40	1528,6	0	1,1
376259 Torkskåp, 7-10 kg	2700	1	1,40	1927,2	0	1,1
376261 Tvättbänk, L=1200	11364	7	1,40	1060,1	0	1,1
376262 Tvättbänk, L=1800	2124	1	1,40	1463,1	0	1,1
376264 Strykmangel	4280	1	1,40	3200,0	0	1,1
376265 Lakansträckare	2700	8	0,35	210,0	0	1,1
376266 Strykbräda	7462	8	2,10	380,0	0	1,1
376267 Skåp, tvättschema	1100	1	2,10	514,6	0	1,1
376268 Transportvagn	871	2	0,50	262,3	0	1,1
376269 Stol, tvättpersonal	3484	8	0,50	262,3	0	1,1
376502 Kyl/sval 334 l	128646	34	1,40	2800,0	0	1,1
376504 Kyl/frys 190/126 l	166638	34	1,40	3700,0	0	1,1
376507 Elspis	55880	34	0,70	1200,0	0	1,1

BSAB AN/ÅTER	KOSTNAD	MÄNGD	TID	A-PRIS	UE	UTB
376511 Inbygggnadsugn	137089	34	1,40	3000,0	0	1,1
377001 Bänkskåp	160114	122	2,00	700,0	0	1,1
377002 Väggsåp	130601	122	1,75	550,0	0	1,1
377010 Högsåp, garderob	35646	36	1,40	550,0	0	1,1
377011 Högsåp, linne	45376	36	1,50	750,0	0	1,1
377012 Högsåp, ståd	42419	36	1,55	675,0	0	1,1
377015 Bänkskiva	10781	31	0,70	160,0	0	1,1
377016 Diskbänk, montering	5224	34	0,70	0,0	0	1,1
378300 Badrum	34937	36	2,30	375,0	0	1,1
378310 Ståd	663	1	0,90	375,0	0	1,1
378900 Kapprumshylla	19835	36	0,70	320,0	0	1,1
378910 Källare, nät/hylla	83751	34	5,00	1100,0	0	1,1
500000 VVS och kylsystem	823928	34	0,00	0,0	19000	1,0
522001 Varmvattenberedare	43365	34	0,00	0,0	1000	1,0
522002 Värmeväxlare	43365	34	0,00	0,0	1000	1,0
522003 Pumpar, avlopp/cirk	43365	34	0,00	0,0	1000	1,0
528001 Tvättstall	65047	34	0,00	0,0	1500	1,0
528002 Badkar	173459	34	0,00	0,0	4000	1,0
528003 WC-stol	108412	34	0,00	0,0	2500	1,0
528004 Blandare	43365	34	0,00	0,0	1000	1,0
528005 Diskbänksbeslag	108412	34	0,00	0,0	2500	1,0
562001 Värmeväxlare	43365	34	0,00	0,0	1000	1,0
562002 Expansionskärl	30355	34	0,00	0,0	700	1,0
562003 Cirkulationspump	34692	34	0,00	0,0	800	1,0
568001 Termostatradiatorer	173459	34	0,00	0,0	4000	1,0
568002 Termo.radia.ventil.	43365	34	0,00	0,0	1000	1,0
600000 Elanläggningar	867293	34	0,00	0,0	20000	1,0
638001 Lysrörsarmatur	10203	16	0,00	0,0	500	1,0
638002 Glödlampsarmatur	7653	16	0,00	0,0	375	1,0
638003 Vagguttag	43365	34	0,00	0,0	1000	1,0
710100 Linhissanläggning	216823	1	0,00	0,0	170000	1,0
712001 Hissmaskineri	127543	1	0,00	0,0	100000	1,0
715001 Linor	12754	1	0,00	0,0	10000	1,0
718001 Hisskorg	38263	1	0,00	0,0	30000	1,0
718002 Manövertablå	12754	1	0,00	0,0	10000	1,0



## Indata

5

## Underhåll

BSAB	UNDERHÅLL	KOSTNAD	MÄNGD	TID	A-PRIS	UE	INTVALL
342200	Tilläggsisolering	38524	180	0,62	80,0	0	
343100	Plåt, asfaltstrykn.	18366	480	0,00	0,0	30	10
344100	Takfot, ommåln.	2704	106	0,00	0,0	20	10
345101	Röklucka, ommåln.	38	1	0,00	0,0	30	10
345111	Taklucka, ommåln.	38	1	0,00	0,0	30	10
348400	Snöräcken, ommåln.	9183	480	0,00	0,0	15	10
353232	Fasadtvätt, tegel	169739	1901	0,00	0,0	70	30
353646	Plåt, ommåln.	3023	79	0,00	0,0	30	15
353646	Fasadtvätt, plåt	5038	79	0,00	0,0	50	
355146	Ytterdörr, juster.	338	2	0,65	35,0	0	
355150	Soprumsdörr, ommåln	319	1	0,00	0,0	250	10
355150	Soprumsdörr, juster	169	1	0,65	35,0	0	
355621	Träffönster, ommåln.	50746	531	0,00	0,0	75	10
355621	Träffönster, juster.	44361	276	0,50	54,0	0	
355621	Träffönster, tät.li.	18143	1560	0,03	5,0	0	10
355623	Al-fönster, tät.li.	18143	1560	0,03	5,0	0	10
355708	Kompl. inv.foderl.	30123	1560	0,06	6,5	0	10
358112	Entreplan btg, ommål	191	6	0,00	0,0	25	15
365102	Tamburdörr, lackn.	13775	36	0,00	0,0	300	5
365102	Tamburdörr, juster.	3096	36	0,25	32,0	0	
365120	Innerdörr, ommåln.	22320	50	0,00	0,0	350	10
365120	Innerdörr, juster.	4300	50	0,25	32,0	0	
365121	Innerdörr, ommåln.	77227	173	0,00	0,0	350	10
365121	Innerdörr, juster.	14879	173	0,25	32,0	0	
366113	Trätrappa, ommåln.	478	15	0,00	0,0	25	10
366122	Stålräcke, ommåln.	612	40	0,00	0,0	12	10
366132	Handledare, ommåln.	122	8	0,00	0,0	12	10
371100	Socklar, ommålning	23085	3620	0,00	0,0	5	10
372400	Parkett, behandling	56170	734	0,00	0,0	60	15
372744	Vinylplastmat., rep	6163	242	0,00	0,0	20	
373202	Kakelplattor, utb.	6522	15	1,50	120,0	0	
500001	Ledn./kanal, ommåln	1275	100	0,00	0,0	10	10
500002	Kanalsystem, ren.	76526	1	0,00	0,0	60000	30
500003	Återluftsaggr., rep	61221	4	0,00	0,0	12000	20
500004	Fläktmotorer, utb.	61221	20	0,00	0,0	2400	20
500004	Kullager fläkt, utb	17856	20	0,00	0,0	700	20
500005	Kompressor kyl, utb	76526	2	0,00	0,0	30000	15
500006	Kondensormotor, utb	6122	2	0,00	0,0	2400	10
500007	Köldbärarpump, ren.	4592	1	0,00	0,0	3600	15
522003	Avloppspump, ren.	9183	2	0,00	0,0	3600	15
568001	Termostaträdd. ommål	3469	136	0,00	0,0	20	10
712001	Hissmaskineri, ren.	34437	1	0,00	0,0	27000	15
718001	Hisskorg, ren.	4464	1	0,00	0,0	3500	10

Indata

6

Drift

BSAB	DRIFT	ÅRSKOST	MÄNGD	TID	MTRL	FÖRBR	PRIS
336813	Städning, trapphus	1769	2	5,00	1,0	0,0	0,0
343100	Skötsel, plåttak	1061	1	5,00	177,0	0,0	0,0
372102	Städning, golv	2245	254	0,05	1,0	0,0	0,0
376253	Skötsel, tvättmask	1301	9	0,80	28,5	0,0	0,0
376502	Skötsel, kyl/sval	2418	34	0,40	14,0	0,0	0,0
376507	Skötsel, elspis	1512	34	0,25	9,0	0,0	0,0
500003	Skötsel, luftbehand	36520	1	150,00	10000,0	0,0	0,0
500005	Skötsel, kylsystem	13565	1	64,00	2250,0	0,0	0,0
520001	Vattenförbrukning	61440	3840	0,00	0,0	2,0	8,0
520002	Skötsel, ledn/vent	1167	1	6,00	106,0	0,0	0,0
522003	Skötsel, pumpar	2917	1	15,00	265,0	0,0	0,0
528001	Skötsel, tvättställ	1945	1	10,00	177,0	0,0	0,0
528003	Skötsel, WC	1945	1	10,00	177,0	0,0	0,0
528004	Skötsel, blandare	1945	1	10,00	177,0	0,0	0,0
560001	Värmeenergi	230400	3840	0,00	0,0	200,0	0,3
562001	Skötsel, värmeväxl.	3182	1	15,00	530,0	0,0	0,0
562003	Skötsel, cirk.pump	3182	1	15,00	530,0	0,0	0,0
600000	Skötsel, elanlägggn.	8038	1	35,00	1850,0	0,0	0,0
600001	Elenergi	18432	3840	0,00	0,0	12,0	0,4
638001	Skötsel, lysrör	907	1	4,00	200,0	0,0	0,0
638002	Skötsel, glödlampor	907	1	4,00	200,0	0,0	0,0
638003	Skötsel, vägguttag	2298	1	10,00	530,0	0,0	0,0
710100	Skötsel, linhiss	11340	1	50,00	2500,0	0,0	0,0
910000	Administ. tekn./kam	61440	3840	0,00	0,0	1,0	16,0
920000	Fastighetsskatt	115200	3840	0,00	0,0	1,0	30,0
930000	Försäkring	11520	3840	0,00	0,0	1,0	3,0
940000	Avfalls., sophämn.	26880	3840	0,00	0,0	1,0	7,0

Matrissummering

7

	TI	TI	TI	TI	TI	TI	TI
Pd	1	5	10	15	20	30	60
37,21							
A	2338776	2338776	2338776	2338776	2338776	2338776	2338776
Up	79255	79255	79255	79255	79255	79255	
Ua	335	335	335	335	335	335	335
D	3930						
Hg	Pd	Bd	TI	A	Up	Ua	D
3	37,21	370	1				0
3	37,21	370	0		0		
3	37,21	370	10	328497		0	
3	37,21	371	1				0
3	37,21	371	10		23085		
3	37,21	371	30	89383		0	
3	37,21	372	1				0
3	37,21	372	15		56170		
3	37,21	372	30	255713		0	
3	37,21	372	1				0
3	37,21	372	0		0		
3	37,21	372	20	622525		0	
3	37,21	372	1				0
3	37,21	372	0		0		
3	37,21	372	15	71022		308	
3	37,21	373	1				0
3	37,21	373	0		0		
3	37,21	373	60	208449		27	
3	37,21	376	1				2418
3	37,21	376	1				1512
3	37,21	376	0		0		
3	37,21	376	20	193840		0	
3	37,21	377	1				0
3	37,21	377	0		0		
3	37,21	377	30	424937		0	
3	37,21	377	1				0
3	37,21	377	0		0		
3	37,21	377	20	5224		0	
3	37,21	378	1				0
3	37,21	378	0		0		
3	37,21	378	20	139186		0	

LCC-matriser

8

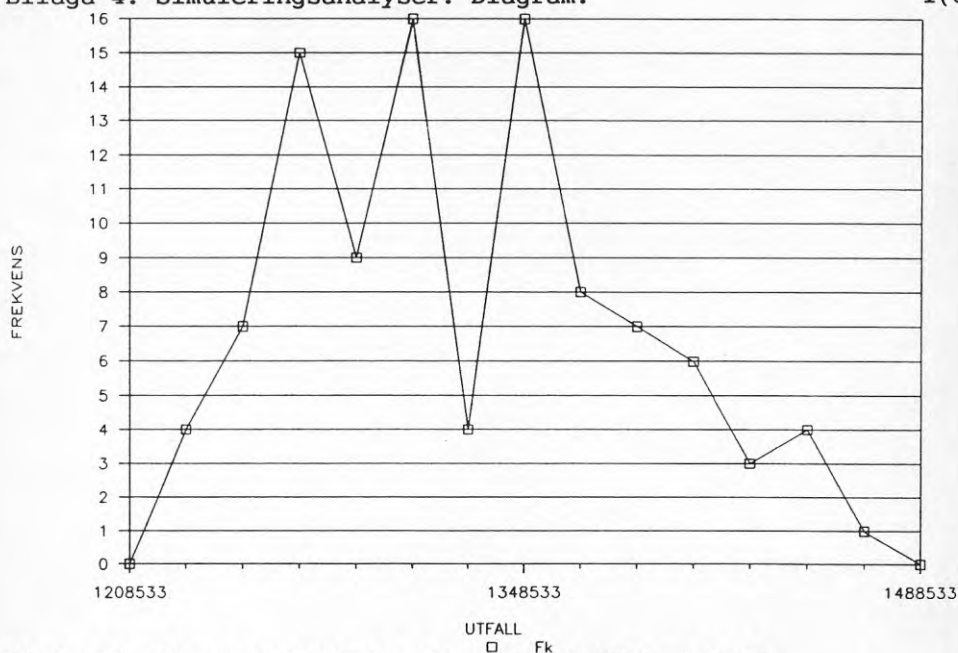
	TI	TI	TI	TI	TI	TI	TI
Hg	1	5	10	15	20	30	60
3,10							
A		0	0	0	189971	3184357	7319220
Up		0	247351	3214	0	169739	
Ua		0	0	0	0	1577	0
D	2830						

	TI	TI	TI	TI	TI	TI	TI
Hg	1	5	10	15	20	30	60
5,21							
A		0	0	0	216823	498694	0
Up		0	3469	0	0	0	
Ua		0	0	0	0	0	0
D	298842						

	TI	TI	TI	TI	TI	TI	TI
P	1	5	10	15	20	30	60
1,0							
A		12754	0	43365	341747	3355265	9457665
Up		0	254749	127951	140297	246265	
Ua		0	0	0	0	1577	0
D	250356						
2,1							
A		0	338701	78675	1220963	1624209	208449
Up		13775	126102	56170	0	0	
Ua		0	0	308	0	397	27
D	360234						
2,2							
A		0	134360	341983	133176	38263	271102
Up		0	4464	0	0	0	
Ua		0	0	0	0	0	0
D	14886						

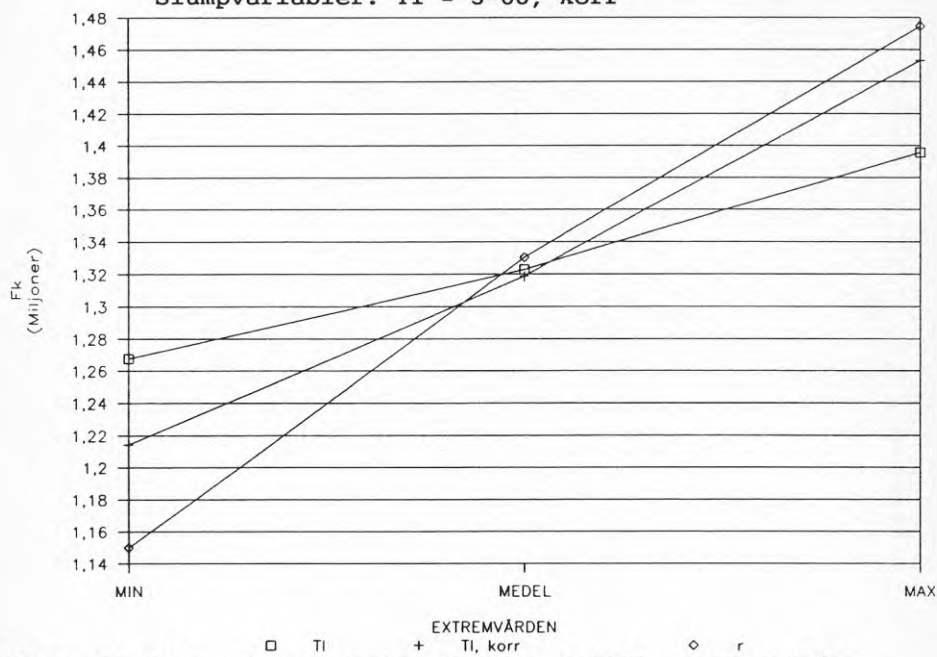
## Bilaga 4: Simuleringsanalyser. Diagram.

1(5)

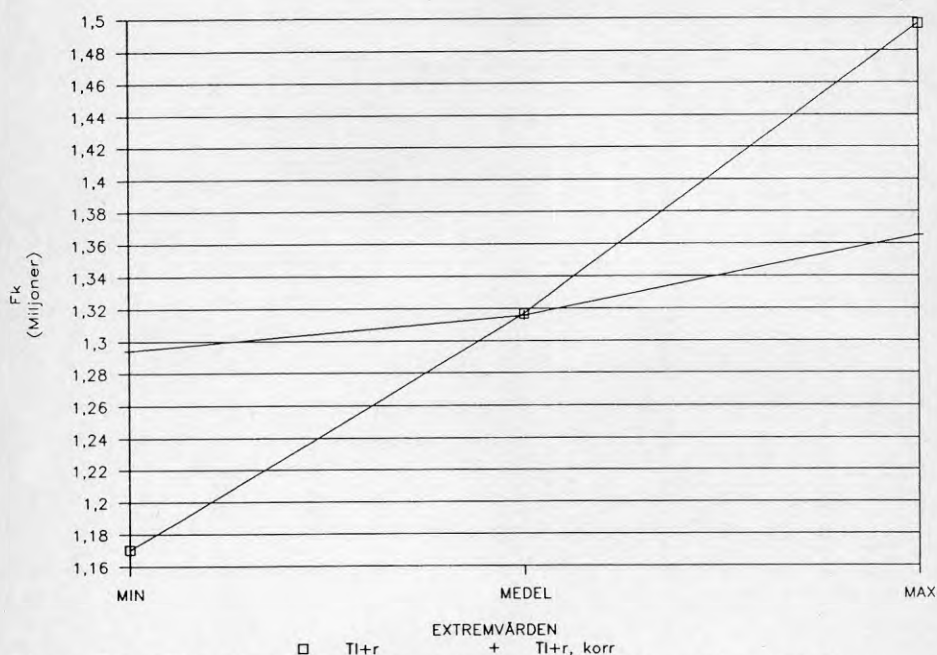


Figur 46. Förvaltningskostnader år 1 (1987), totalt.

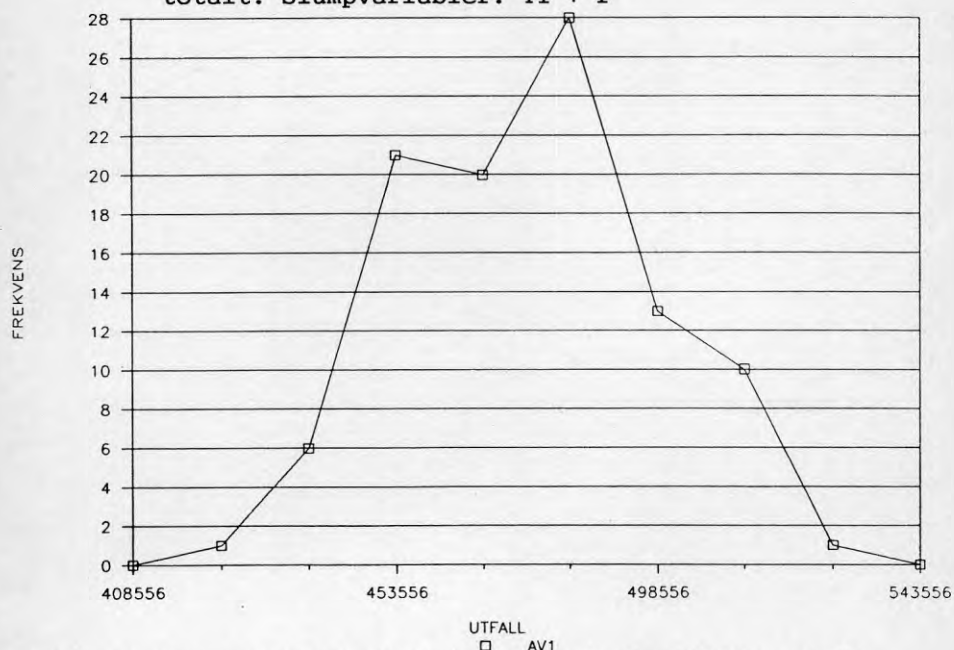
Slumpvariabler: TI = 5-60, korr



Figur 47. Förvaltningskostnader år 1 (1987), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI och r

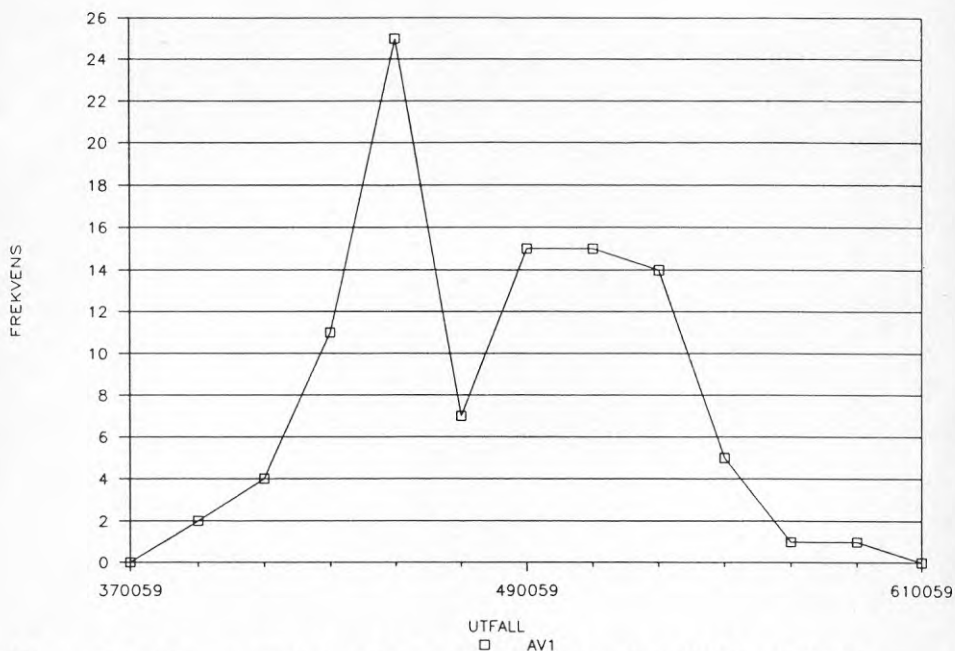


Figur 48. Förvaltningskostnader år 1 (1987), extremvärden totalt. Slumpvariabler:  $TI + r$

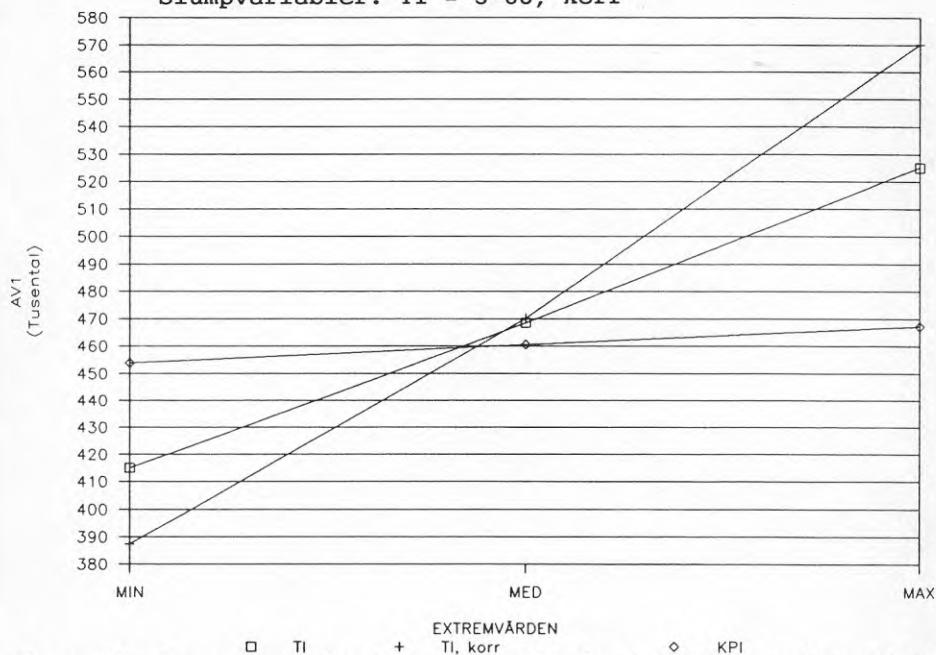


Figur 49. Summa avskrivningar 1 (AV1) år 3 (1989), totalt. Slumpvariabler:  $TI = 5-60$

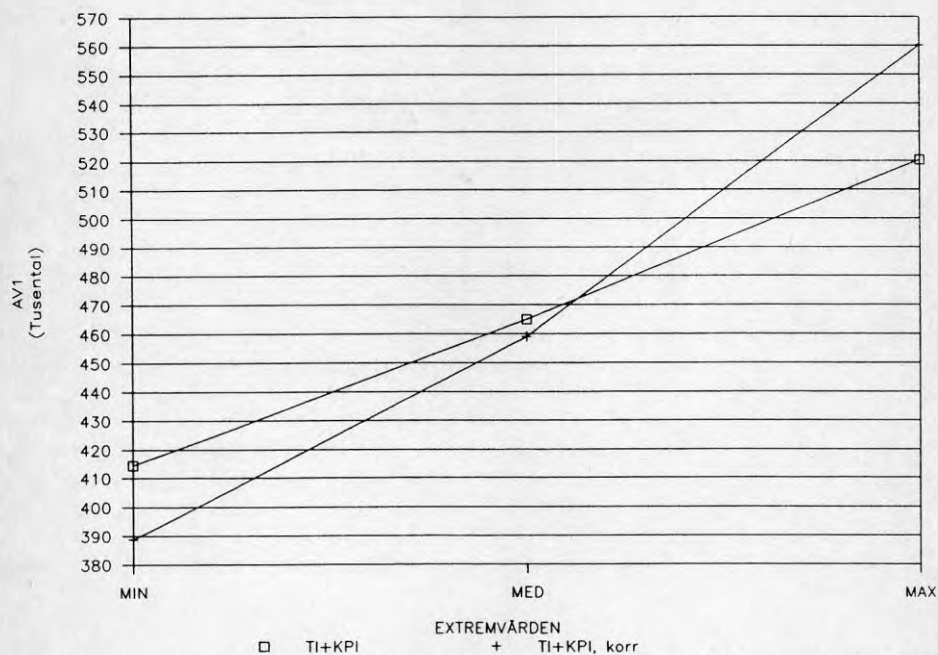




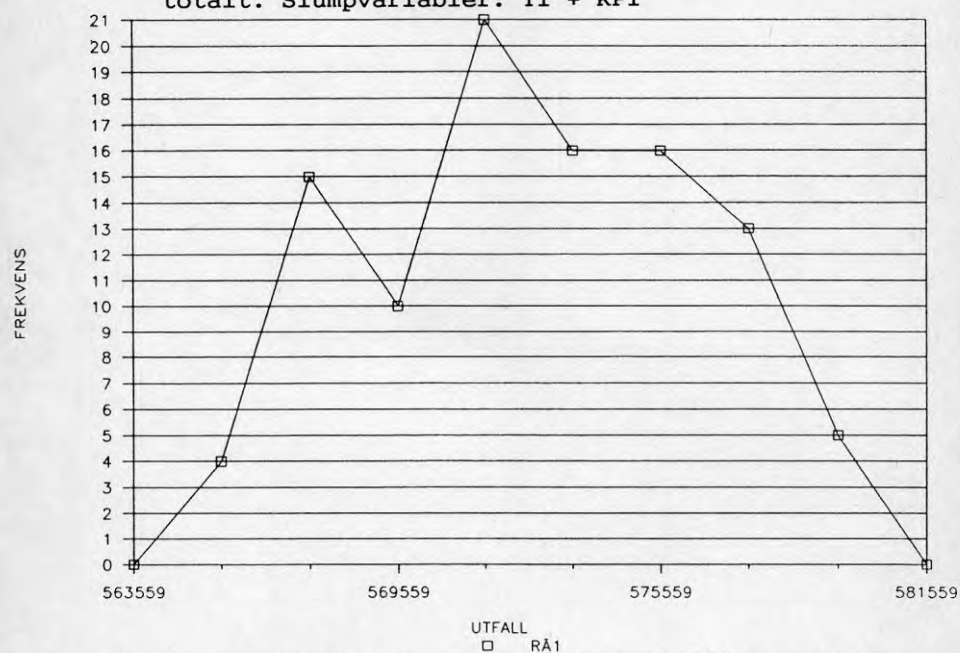
Figur 50. Summa avskrivningar 1 (AV1) år 3 (1989), totalt.  
Slumpvariabler: TI = 5-60, korr



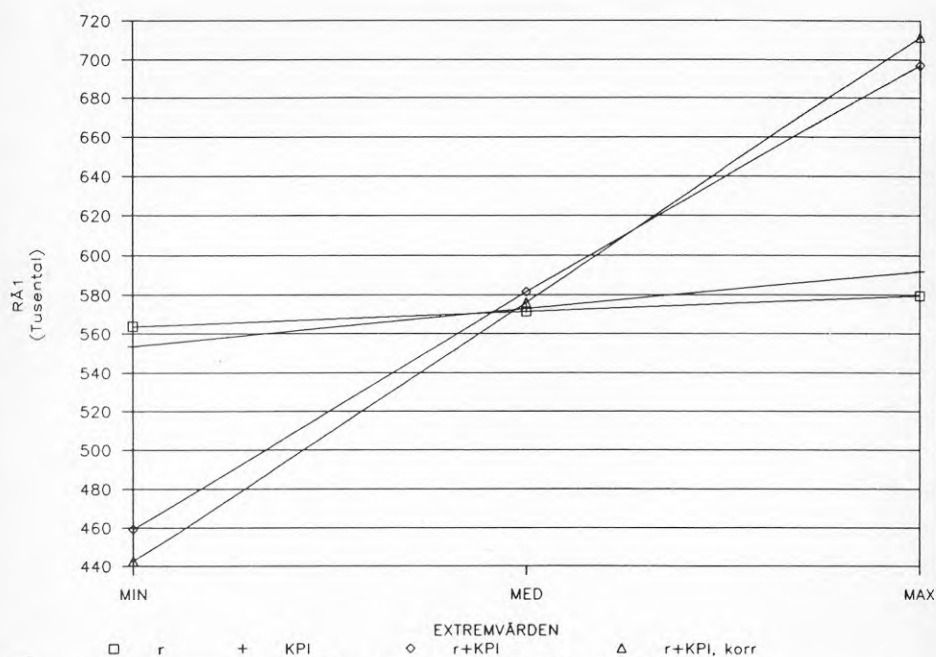
Figur 51. Summa avskrivningar 1 (AV1) år 3 (1989), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI och KPI



Figur 52. Summa avskrivningar 1 (AV1) år 3 (1989), extremvärden totalt. Slumpvariabler: TI + KPI



Figur 53. Summa räntekostnader 1 (RÅ1) år 5 (1991), totalt. Slumpvariabler: r



Figur 54. Summa räntekostnader 1 (RÄ1) år 5 (1991),  
extremvärden totalt. Slumpvariabler:  $r$ , KPI och  
 $r + KPI$





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850429-4  
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen  
för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation,  
KTH, Stockholm.**

**R27: 1989**

**ISBN 91-540-5016-2**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6709027**

**Abonnemangsgrupp:  
R. Byggandets ekonomi och  
organisation**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst,  
171 88 Solna**

**Cirka pris: 70 kr exkl moms**